

21. Les perspectives énergétiques

21.1 – Perspectives énergétiques et scénarios

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Département de génie mécanique

Tanguy Lunel, M.ing.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- Méthodologies de construction
- Faites votre scénario : En-ROADS
- Les perspectives énergétiques du WEO depuis 2006 : une revue
- Conclusion

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs***
- Méthodologies de construction
- Faites votre scénario : En-ROADS
- Les perspectives énergétiques du WEO depuis 2006 : une revue
- Conclusion

Introduction et objectifs de la capsule

- Le module 21 a pour but de présenter plusieurs perspectives énergétiques proposées par différents organismes;
- Pour comprendre ces perspectives, il faut néanmoins être capable de comprendre comment sont faites les projections et sur quelles hypothèses elles reposent;
- Ce faisant, il sera possible d'être critique des hypothèses ou de la méthode, et finalement de formuler un avis sur la vraisemblance des résultats proposés.

Introduction et objectifs de la capsule

- Le thème 21.1 consiste donc à donner un aperçu de certaines méthodologies de construction de projection;
- Ce domaine est néanmoins riche et large, et il faut rester modeste, nous ne deviendrons pas des experts des prévisions énergétiques.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- ***Méthodologies de construction***
- Faites votre scénario : En-ROADS
- Les perspectives énergétiques du WEO depuis 2006 : une revue
- Conclusion

Méthodologie de construction

- Terminologie :
 - Prédiction : désigne un résultat attendu issu d'un modèle scientifique validé.
 - Prévision : se distingue de la prédiction par le fait que le modèle utilisé est moins fiable, moins vérifié, ou que les hypothèses utilisées sont plus larges, moins ciblées.
 - Scénario : ni une prédiction du futur, ni une prévision, mais une **image possible** de ce que l'avenir peut réserver.

Méthodologie de construction

- Un scénario est fondé sur un jeu cohérent d'hypothèses;
- Un scénario peut être **descriptif** (évolution plausible du secteur énergétique compte tenu des hypothèses formulées) ou **normatif** (l'évolution considérée répond à un idéal sociétal, évolution telle qu'elle « devrait » être);
- L'IEA (21.2), BP (21.3), l'IRENA (21.4), Exxon Mobil, Bloomberg (21.6) se livrent tous à cet exercice de création de scénarios;
- Au Québec, l'IET (Institut d'Énergie Trottier) développe des **scénarios normatifs** d'évolution du secteur énergétique, 21.7.

Méthodologie de construction

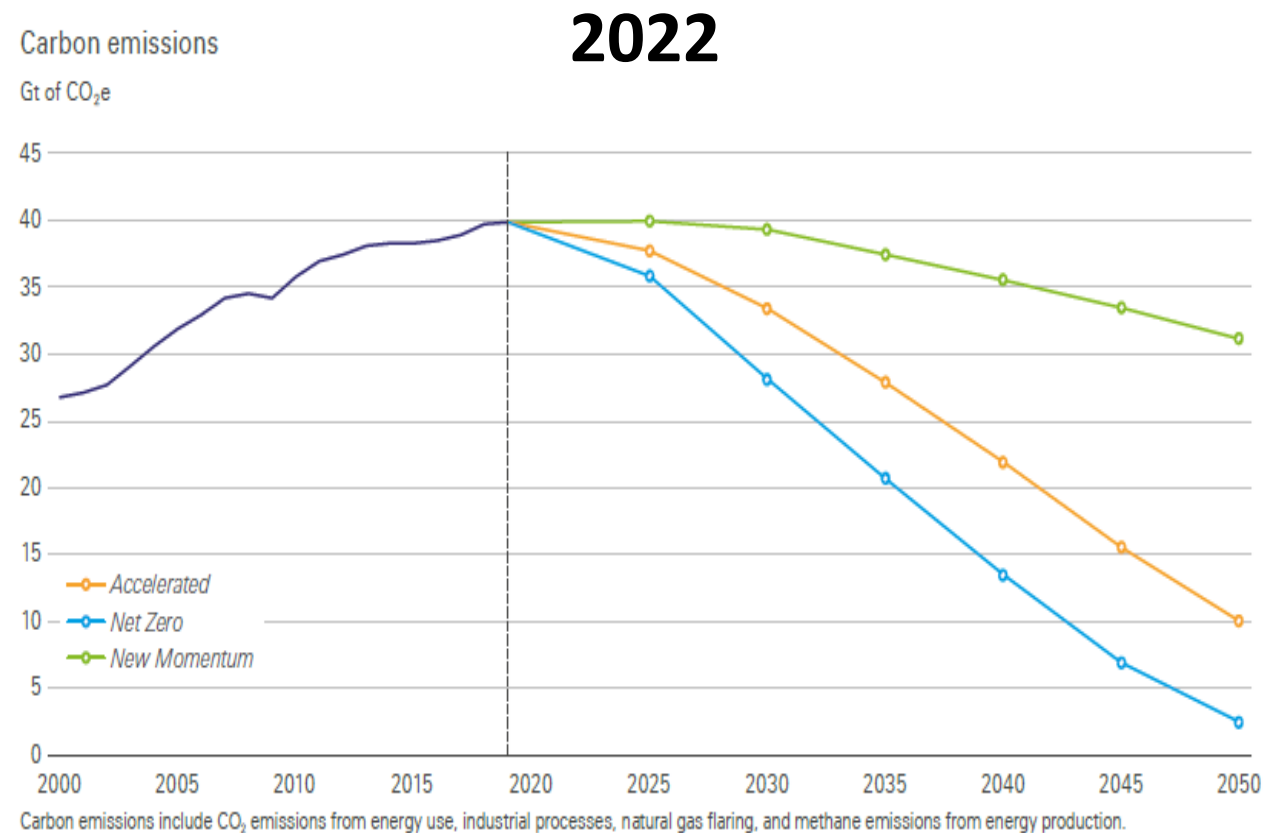
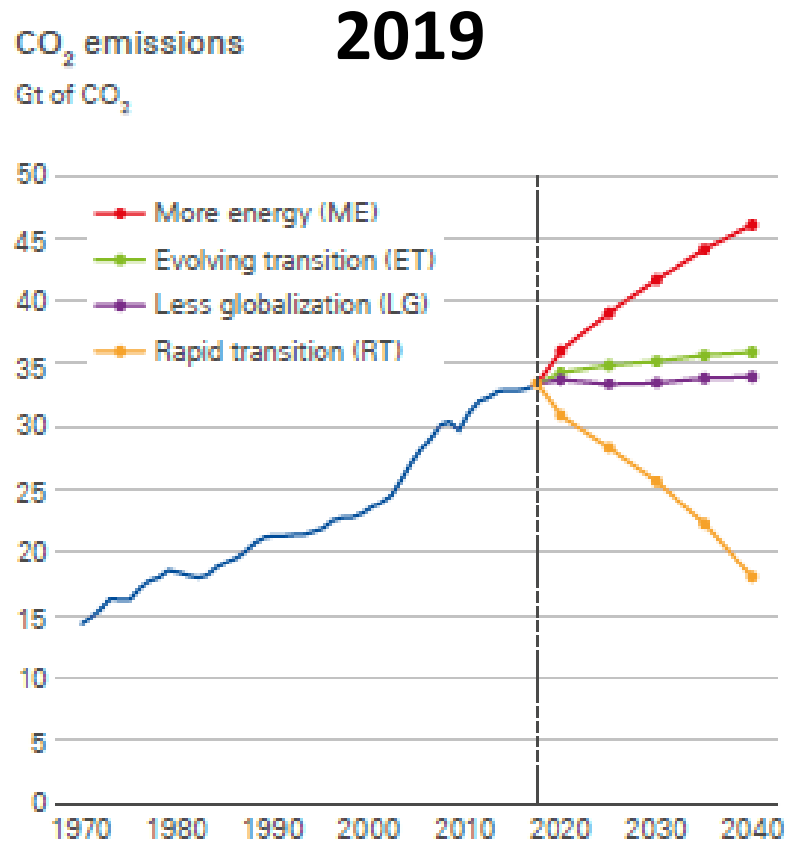
- BP (British Petroleum) Energy Outlook:
 - Ne fournit pas de détails sur la façon dont ils produisent leurs scénarios.
 - Le rapport invite à ne pas prendre les scénarios comme des prévisions/prédictions
 - L'Outlook considère un certain nombre de scénarios différents. Ces scénarios ne sont pas des prédictions de ce qui est susceptible de se produire ou de ce que BP aimerait qu'il se produise.
 - Ils explorent plutôt les implications possibles de différents jugements et hypothèses en envisageant une série d'expériences "et si".
 - Les scénarios ne prennent en compte qu'un petit sous-ensemble de l'incertitude entourant les marchés de l'énergie jusqu'en 2040 ; ils ne fournissent pas une description complète de tous les résultats futurs possibles.

Méthodologie de construction

- BP (British Petroleum) Energy Outlook:
 - Ne fournit pas de détails sur la façon dont ils produisent leurs scénarios.
 - Le rapport invite à ne pas prendre les scénarios comme des prévisions/prédictions
 - Pour faciliter l'explication, une grande partie des Perspectives est décrite en référence au scénario "Transition évolutive". Mais cela ne signifie pas que la probabilité de ce scénario est plus élevée que les autres. En effet, la multitude d'incertitudes signifie que la probabilité que l'un de ces scénarios se matérialise exactement comme décrit est négligeable.
 - L'Energy Outlook est produit pour aider l'analyse et la prise de décision de BP, et est publié en tant que contribution au débat plus large. Mais les Perspectives ne sont qu'une source parmi tant d'autres lorsqu'on envisage l'avenir des marchés mondiaux de l'énergie.
 - BP prend en compte les scénarios dans les Perspectives, ainsi qu'une série d'autres analyses et informations, lors de l'élaboration de sa stratégie à long terme.

Méthodologie de construction

- BP (British Petroleum) Energy Outlook:
 - Les figures suivantes montrent bien la variabilité des différents scénarios



Méthodologie de construction

- Agence Internationale de l'Énergie (AIE) :
 - Fournit un scénario normatif : le Sustainable Development Scenario (abrégé en SDS dans nombre de leur publications), qui permettrait de respecter l'accord de Paris en restant sous les 2°C degrés Celsius de réchauffement et de remplir les objectifs de développement durable de l'ONU en même temps.
 - Construit un certain nombre de scénarios autres avec le modèle TIMES développé par leur programme ETSAP.

Méthodologie de construction

- AIE - ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Program):
 - Programme de l'Agence Internationale de l'Énergie datant de 1978 visant à développer des outils de modélisation énergétique en accès libre;
 - Permet de conduire des analyses regroupant des paramètres techniques, économiques et environnementaux;
 - Fournit une plateforme commune aux pays pour examiner l'évolution possible de leurs systèmes énergétiques en réponse à des développements technologiques et des politiques énergétiques ou climatiques;
 - Utilisateurs : gouvernements, universités, industries et firmes-conseils;
 - Développe le modèle TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System)
 - Détails: <https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times> et code accessible sur github: https://github.com/etsap-TIMES/TIMES_model

Méthodologie de construction

- Modèles MARKAL / TIMES:
 - Les principales informations générées par TIMES sont obtenues grâce à l'analyse de scénarios. Un **scénario énergétique de référence** est d'abord généré en exécutant le modèle en **l'absence de toute contrainte** politique. Ces résultats du scénario de référence ne sont normalement pas totalement alignés sur les prévisions énergétiques nationales (générées en simulant la demande et l'offre futures d'énergie), principalement parce que TIMES optimise les systèmes énergétiques en fournissant une solution au moindre coût.
 - Un deuxième scénario est ensuite établi en imposant une seule (ou plusieurs) contrainte politique au modèle (par exemple, une part minimale d'énergie renouvelable, une quantité maximale d'émissions de GES ou un niveau minimal de sécurité énergétique) et le modèle génère un système énergétique différent à moindre coût avec différents choix de technologie et de carburant.

Méthodologie de construction

- Modèles MARKAL / TIMES:
 - Lorsque les résultats sont comparés à ceux du scénario de référence scénario X- scénario de référence = différence, il est possible d'identifier les différents choix technologiques qui fournissent la contrainte politique **au moindre coût**.
 - Noter que le modèle suppose que le système énergétique final sera celui **coûtant le moins dans son ensemble**.
 - Cette hypothèse est courante en économie orthodoxe, mais est déjà forte au demeurant.
 - Les autres modèles utilisés en interne pour évaluer l'évolution du coût des différentes technologies ne sont très probablement pas fiables à 100% non plus.

Méthodologie de construction

- Canadien Energy Outlook - ESMIA (Energy Super Modelers and International Analyst)
 - ESMIA est une compagnie canadienne de conseil;
 - Développe le modèle NATEM (North American TIMES Energy Model).
 - Une adaptation du modèle TIMES de l'IEA

Méthodologie de construction

- NATEM : North American TIMES Energy Model
 - modèle d'optimisation : comme TIMES, le modèle **minimise** les coûts pour satisfaire des demandes de services énergétiques;
 - suit une approche technico-économique : contient plus de **4500 technologies** caractérisées par des paramètres techniques et économiques.

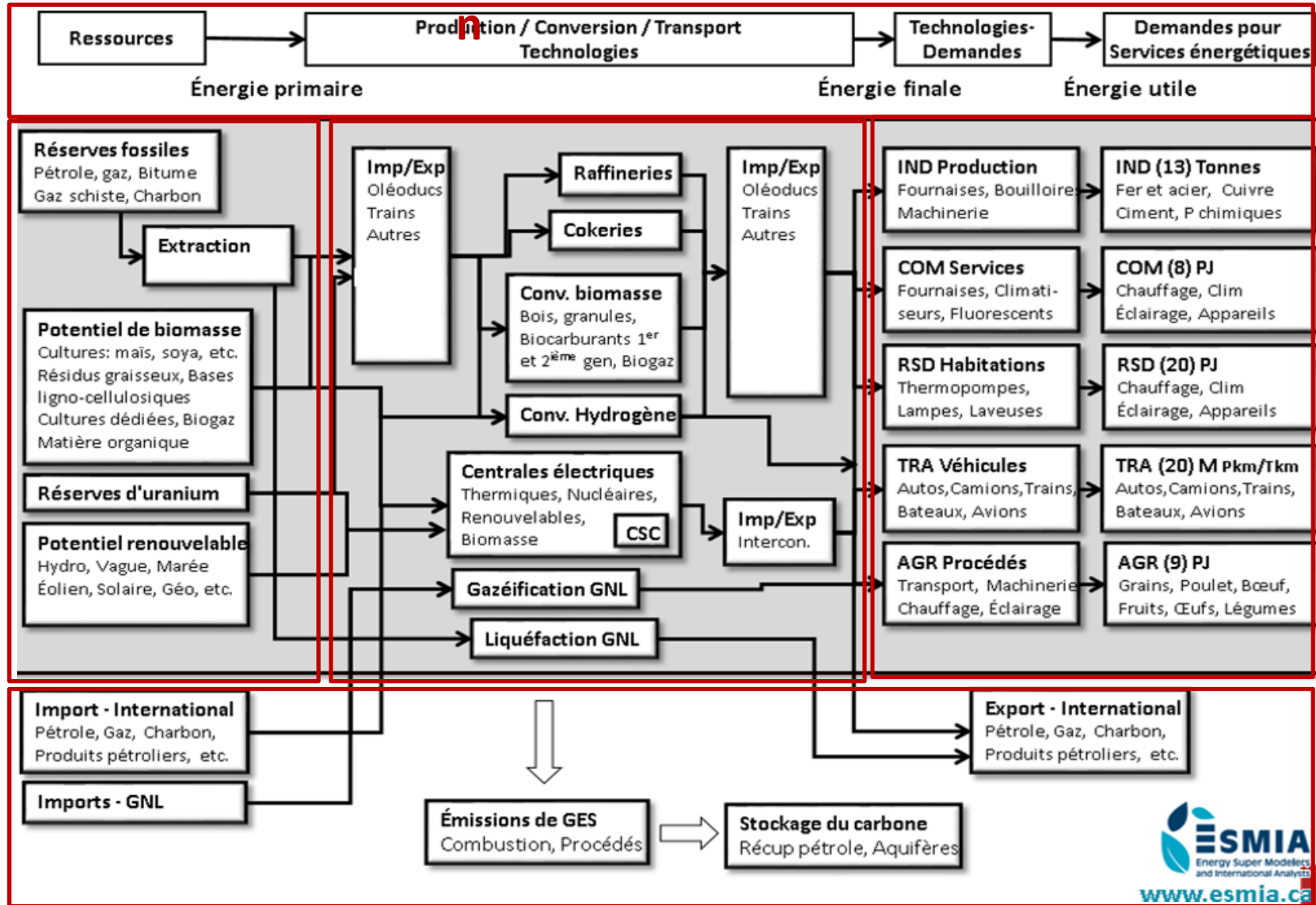
- NATEM - Canada :
 - se projette à l'horizon **2060**;
 - détaille le système énergétique des **13 provinces et territoires** canadiens.
 - Utilisé dans le « Canadian Energy Outlook »

NATEM-Canada Transformatio

Énergie

Ressources

Intrants/
Extrants



Utilisation



Méthodologie de construction

- De nombreux autres modèles de construction de scénarios existent.
- Si les hypothèses des analyses économiques sont plus souvent remises en question, il faut néanmoins voir que même les hypothèses techniques ne font pas forcément l'objet de consensus chez les scientifiques.
 - Exemple : Le fait qu'un réseau électrique puisse être alimenté à 100% par des énergies renouvelables intermittentes est encore très fortement débattu dans la communauté scientifique. Si intéressé, voir les 2 articles suivants:
 - 'Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems', doi : [10.1016/j.rser.2017.03.114](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.114)
 - 'Response to 'Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems'', doi : [10.1016/j.rser.2018.04.113](https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.113)

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Méthodologies de construction
- ***Faites votre scénario : En-ROADS***
- Conclusion

Developed by:

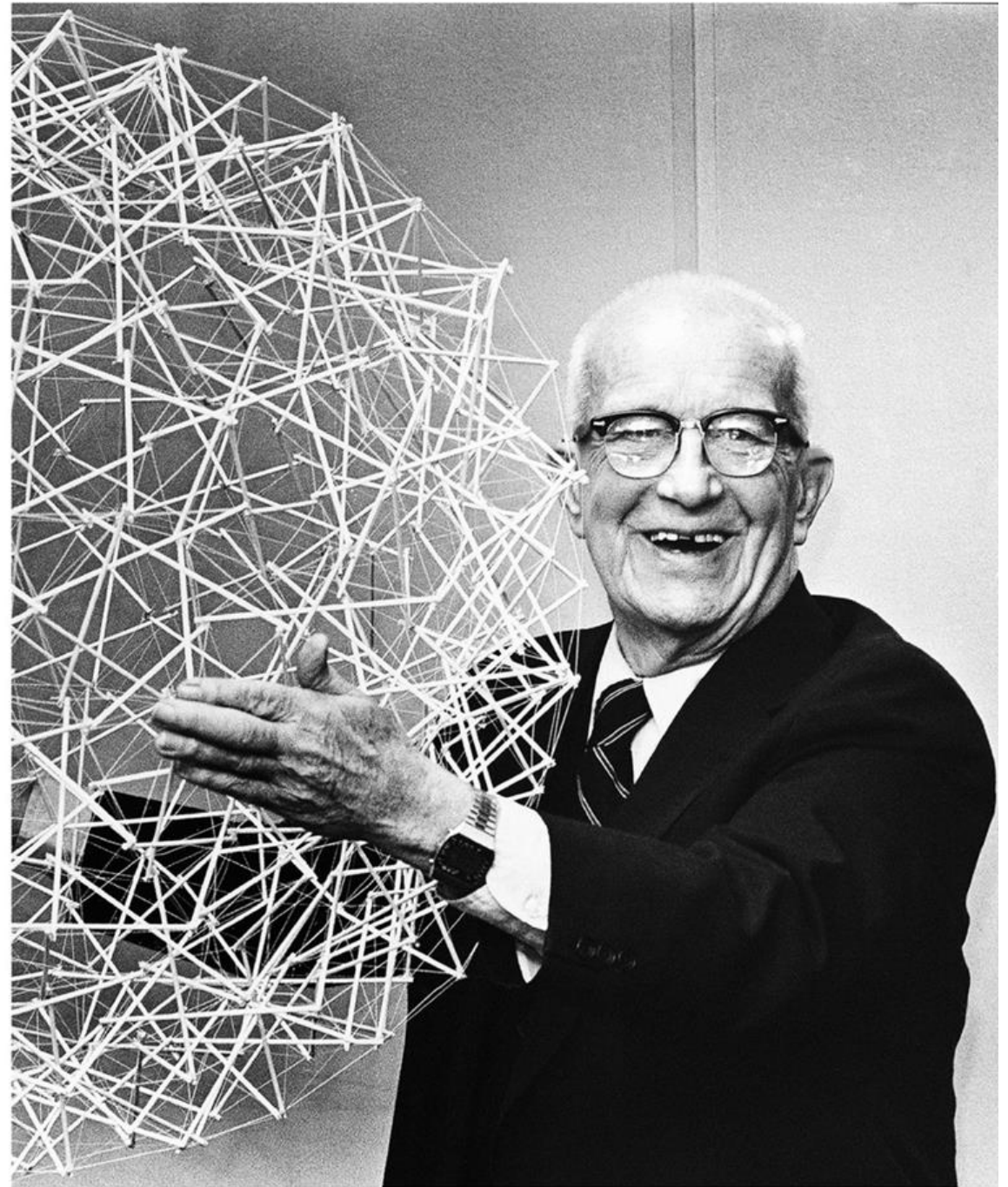
CLIMATE 
 **INTERACTIVE**

MIT
MANAGEMENT

Sustainability
Initiative

“If you want to teach people a new way of thinking, don’t bother trying to teach them. Instead, give them a tool, the use of which will lead to new ways of thinking.”

**- BUCKMINSTER FULLER,
ARCHITECT, VISIONARY 1895-1983**



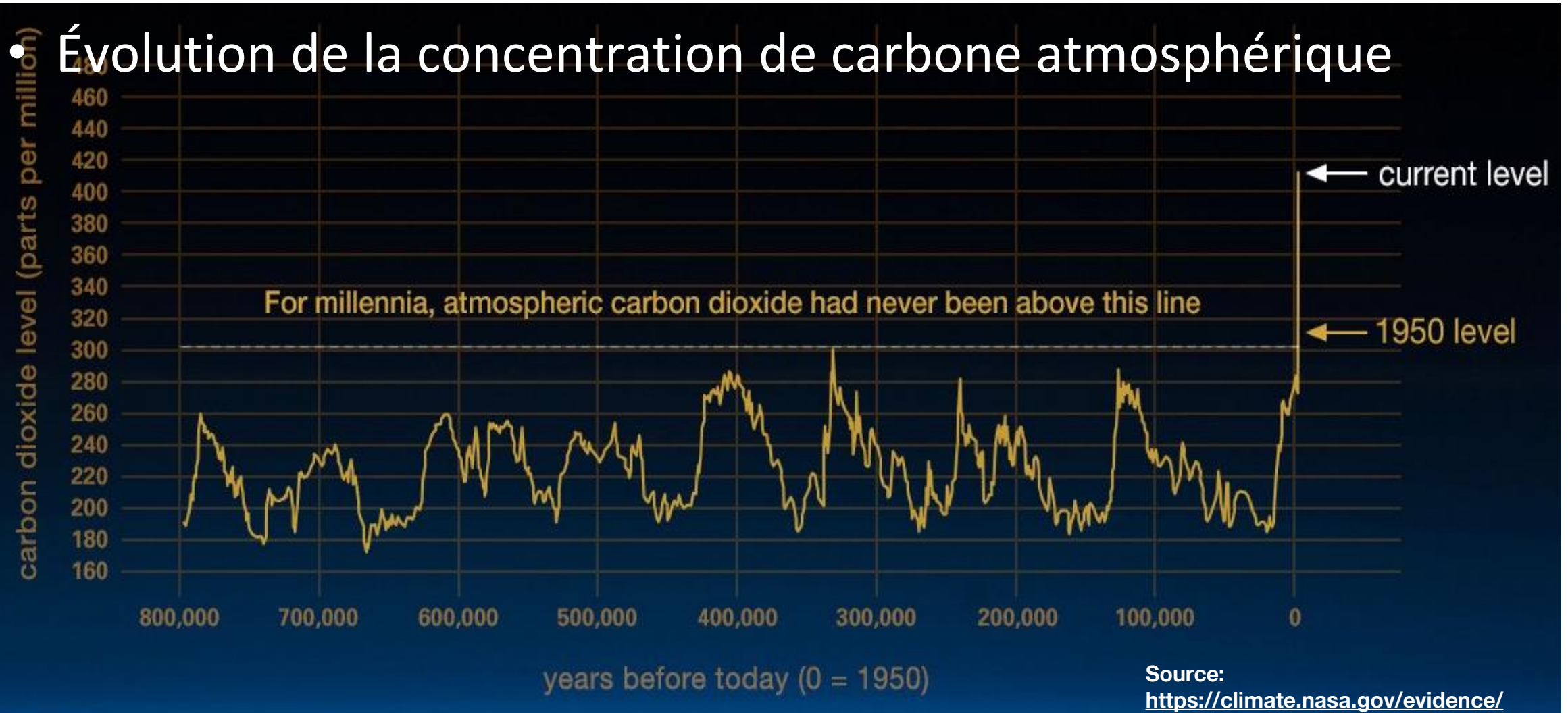
Climate Interactive/MIT simulations:



Over **62,000** participants in **93** countries

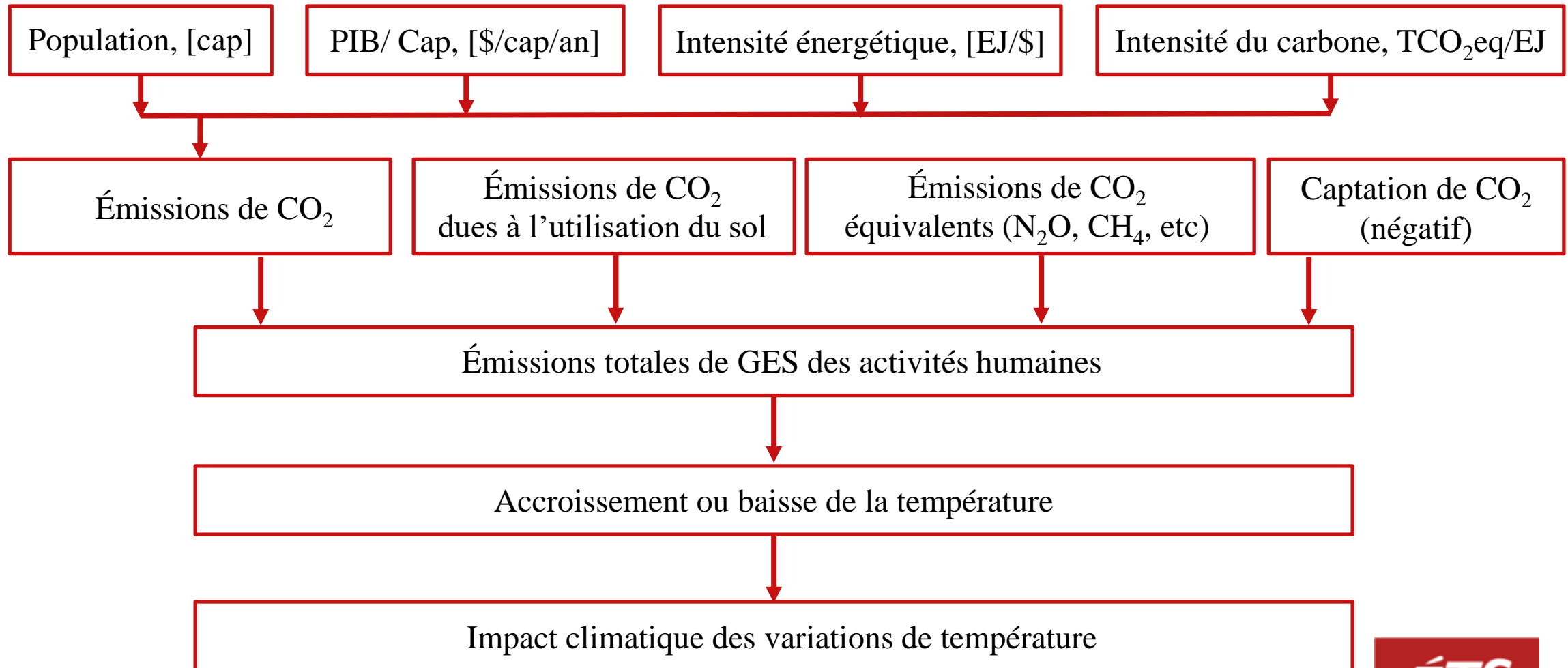
Faites votre scénario : En-ROADS

- Évolution de la concentration de carbone atmosphérique



Faites votre scénario : En-ROADS

- Les éléments des impacts sur le climat



Faites votre scénario : En-ROADS

- En-ROADS:
 - Résultat d'un travail mené par le MIT et une compagnie de conseil Ventana systems.
 - <https://www.climateinteractive.org/tools/en-roads/>
 - *“En-ROADS is a transparent, freely-available policy simulation model that provides policymakers, educators, businesses, the media, and the public with the ability to explore, for themselves, the likely consequences of energy, economic growth, land use, and other policies and uncertainties, with the goal of improving their understanding.”*

Faites votre scénario : En-ROADS

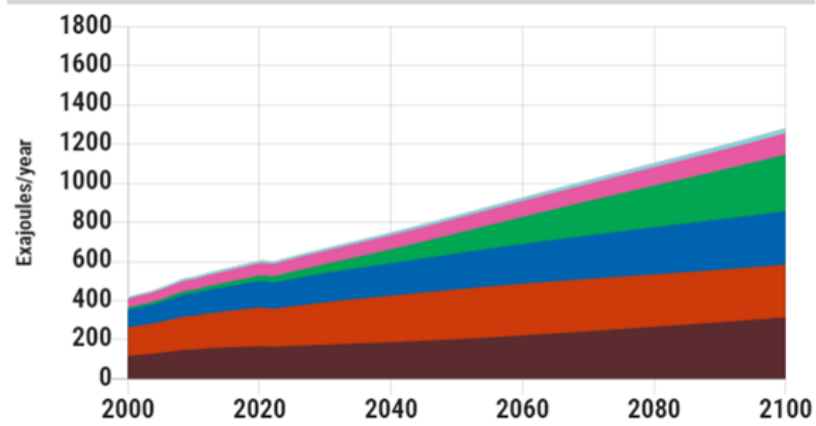
- En-ROADS:
 - Vidéo de formation essentielle:
https://www.youtube.com/watch?v=7Muh-eoPd3g&feature=emb_logo



Faites votre scénario : En-ROADS

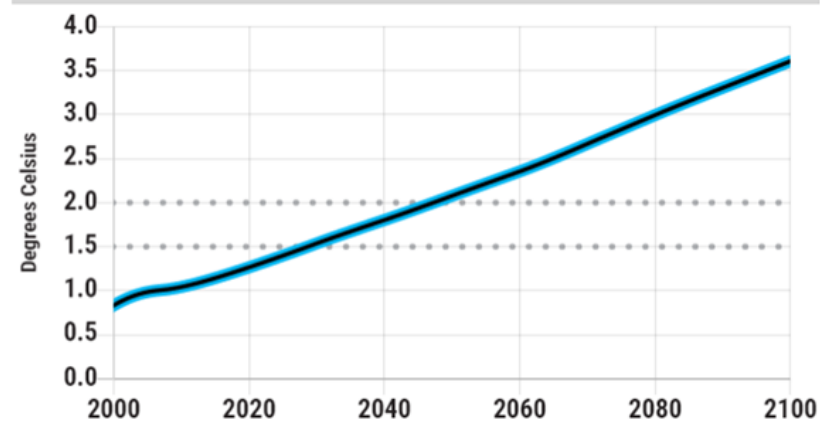


Global Sources of Primary Energy



COAL OIL GAS RENEWABLES BIOENERGY NUCLEAR NEW ZERO

Temperature Change



BASELINE CURRENT SCENARIO

+3.6°C
+6.5°F
Temperature Increase by 2100

Energy Supply

Coal: status quo

Oil: status quo

Natural Gas: status quo

Bioenergy: status quo

Renewables: status quo

Nuclear: status quo

New Zero-Carbon: status quo

Carbon Price: status quo

Transport

Energy Efficiency: status quo

Electrification: status quo

Buildings and Industry

Energy Efficiency: status quo

Electrification: status quo

Growth

Population: status quo

Economic Growth: status quo

Land and Industry Emissions

Deforestation: status quo

Methane & Other Gases: status quo

Carbon Removal

Afforestation: status quo

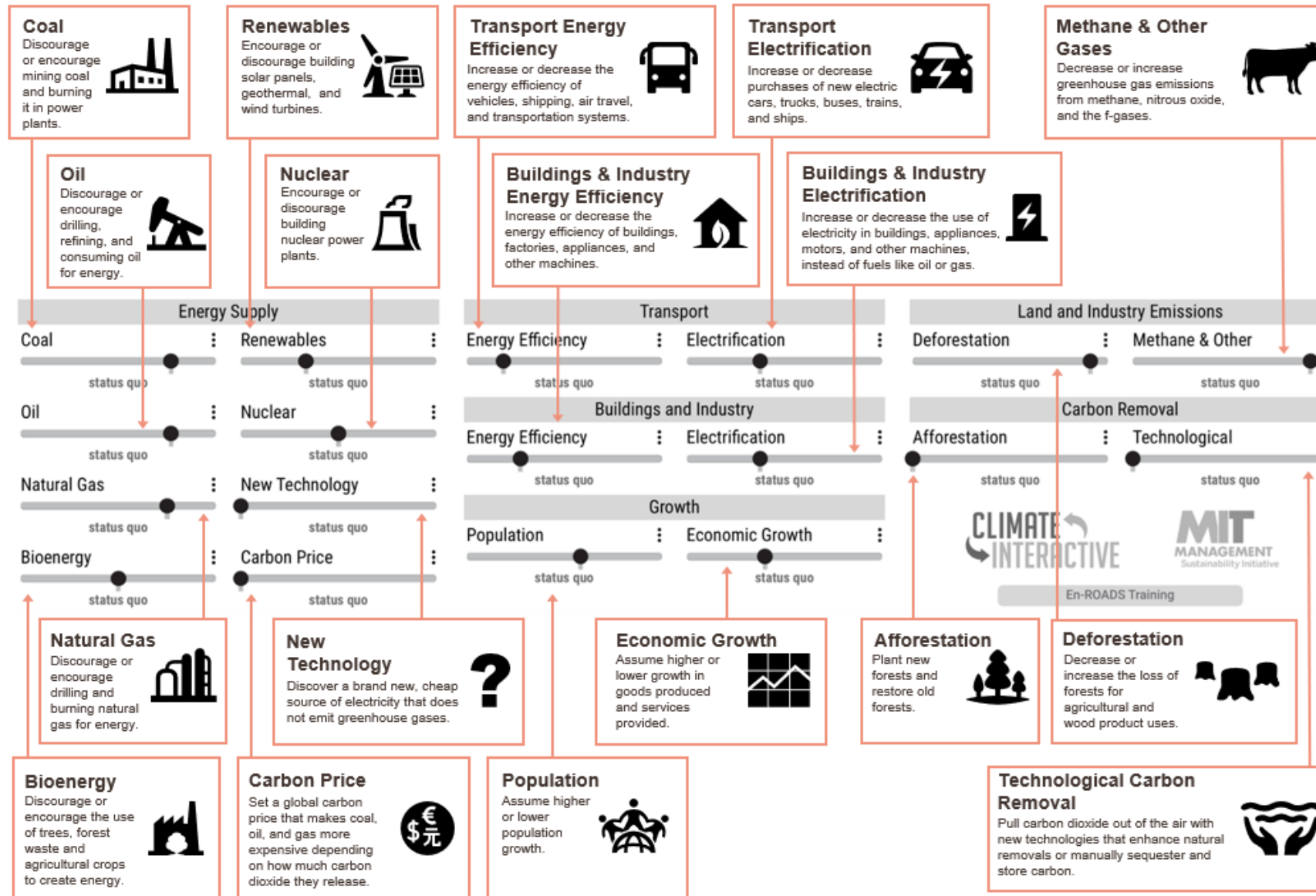
Technological: status quo



Register Your En-ROADS Event



Faites votre scénario : En-ROADS



Faites votre scénario : En-ROADS

- En-ROADS:

- ...Mais permet aussi de consulter et de faire varier les très nombreuses hypothèses qui sous-tendent le modèle (avec sources référe



Faites votre scénario : En-ROADS

- En-ROADS:
 - Cet outil a l'avantage de rendre accessible les nombreuses hypothèses du modèle et de calculer en temps réel l'effet que peuvent avoir certaines actions/politiques sur le climat et sur l'énergie;
 - Cependant, il est bien destiné à un public large non-expert en énergie et climat (typiquement les décideurs) et ne donne pas les intervalles d'incertitudes des résultats (ce qui pourrait laisser penser que ses résultats sont des prédictions).

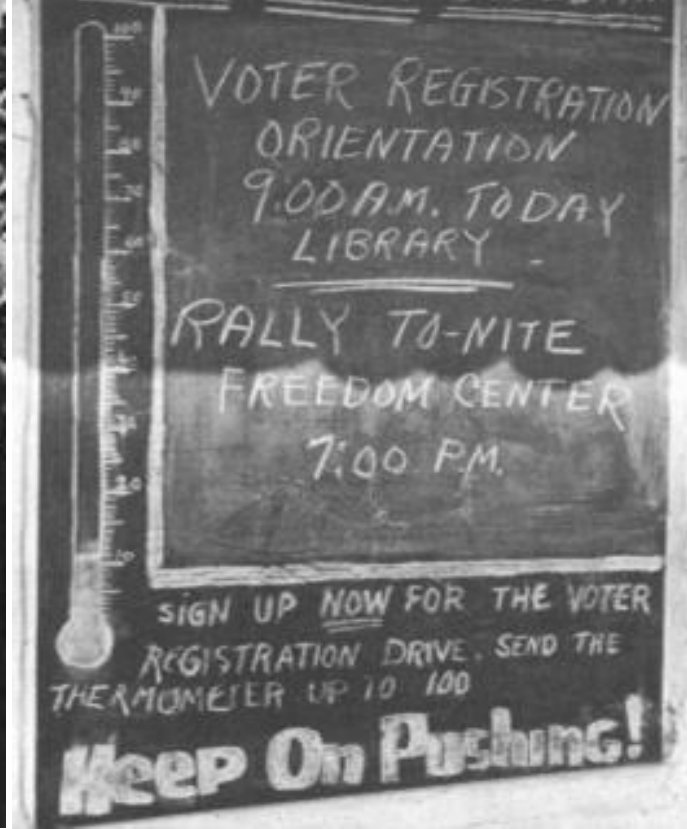
Faites votre scénario : En-ROADS

- En-ROADS:
 - Si vous désirez devenir un peu plus expert et présenter un projet basé sur cet outil, projet de Radia par exemple, vous pouvez participer au programme de formation plus détaillée:
<https://www.climateinteractive.org/tools/en-roads/landing-page/>



“The world as we have created it is a process of our thinking. It cannot be changed without changing our thinking.”

- Albert Einstein



“Never doubt that a small group of thoughtful, committed citizens can change the world. Indeed, it is the only thing that ever has.”

- Margaret Mead

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Méthodologies de construction
- Faites votre scénario : En-ROADS
- ***Conclusion***

Conclusion

- Les scénarios du futur de l'énergie ne sont ni des prédictions, ni des prévisions.
- Il faut faire des nombreuses hypothèses incertaines pour arriver à produire des résultats.
- La variabilité tant politique qu'économique est une grande inconnue de ces systèmes.

**En 2020, une autre inconnue est venue chambarder toute forme de scénario: COVID
Mais ce qui a changé vraiment est que désormais TOUS ne font que de scénarios avec
des baisses d'émissions de GES. Voir la page 10.**