



11/3/2014

La transition énergétique au prisme des modèles de prospective:  
Etat de l'art et nouvelles frontières

# Chaire Modélisation prospective au service du développement durable

N. Maïzi et J.-C. Hourcade



**ParisTech**  
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# Un diagnostic

- **Le développement durable** comme défi relevant
  - de **questions** de nature éminemment **prospective**
  - de **controverses** scientifiques et éthiques
- **Les modèles de prospective** comme outils de représentation des interdépendances entre:
  - **Enjeux** : climat, tensions sur les ressources, environnement local, segmentations sociales, géopolitique de l'énergie
  - **Domaines d'activité** : énergie, transport, habitat, agriculture, industries
  - **Politiques publiques** : des politiques sectorielles aux politiques macroéconomique et sociales de court et moyen terme
- **La modélisation numérique** comme outil de connexion des savoirs disciplinaires et d'explicitation des visions du monde



# Une stratégie scientifique

- Un investissement de long terme sur les outils grâce à un effort conjoint **économistes, ingénieurs, mathématiciens**
- Un effort conduit « en tension » avec les travaux empiriques répondant à des **questions de politiques publiques et de stratégie industrielle**
- Un **dialogue** avec les acteurs industriels pour le partage des savoirs et l'élaboration des questions
- Un effort soumis à la discussion par les 'pairs' via la présence dans les grands **réseaux scientifiques internationaux**



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Des ambitions initiales confirmées

- L'émergence d'une **plate-forme de prospective pérenne** pour l'aide à la décision aux interfaces économie - ressources – climat
- Une **présence française renforcée** dans les principaux lieux d'expertise nationale et internationale autour du Développement Soutenable
- Pallier le déficit national d'une **formation « à et par » la démarche prospective**



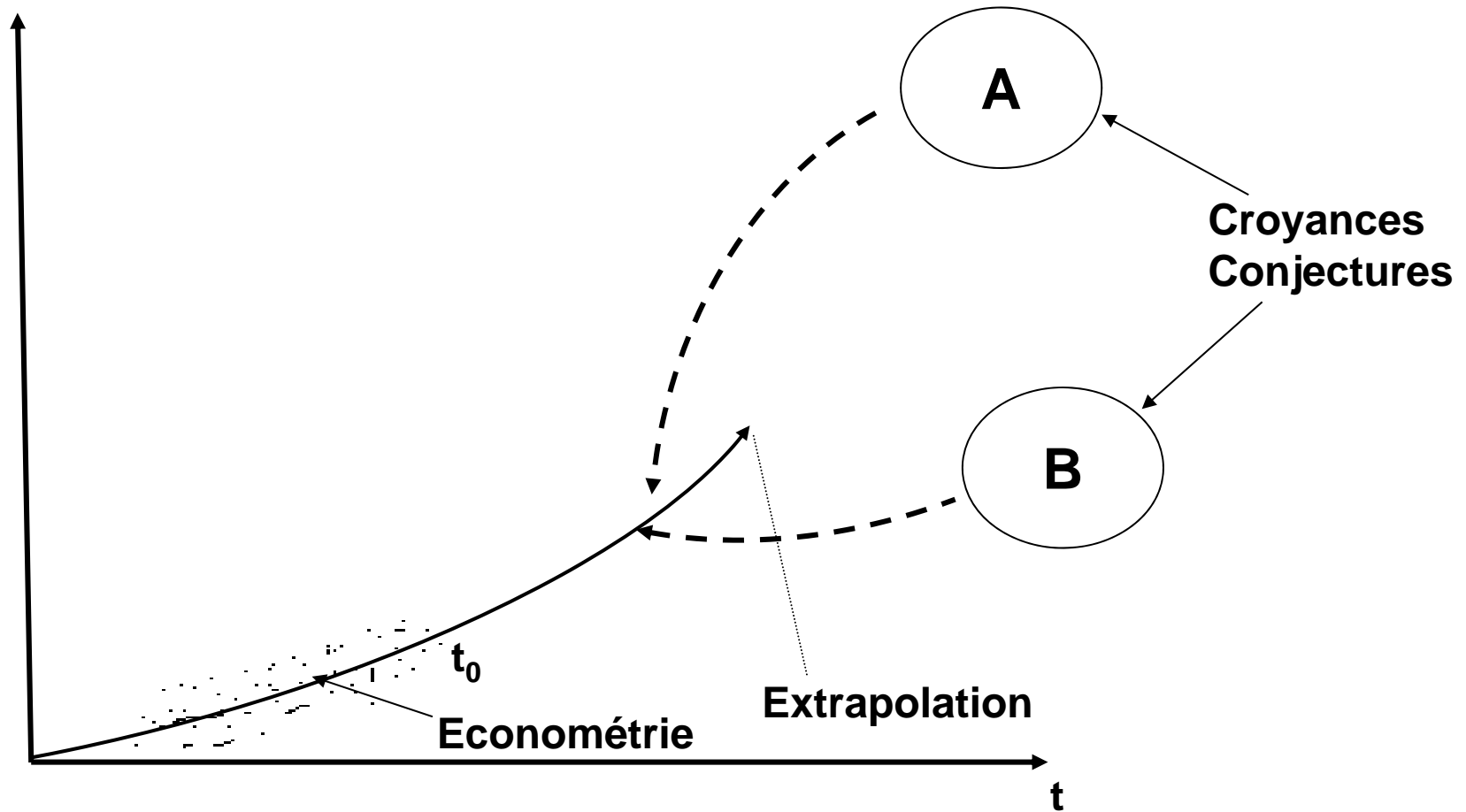
Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# COMPRENDRE : LA DÉMARCHE PROSPECTIVE



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Prévision et prospective. Quand la flèche du temps s'inverse



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# L'attitude prospective

- construire l'avenir et non pas le deviner
- concevoir des modèles adaptés pour éclairer le décideur et lui permettre d'élaborer

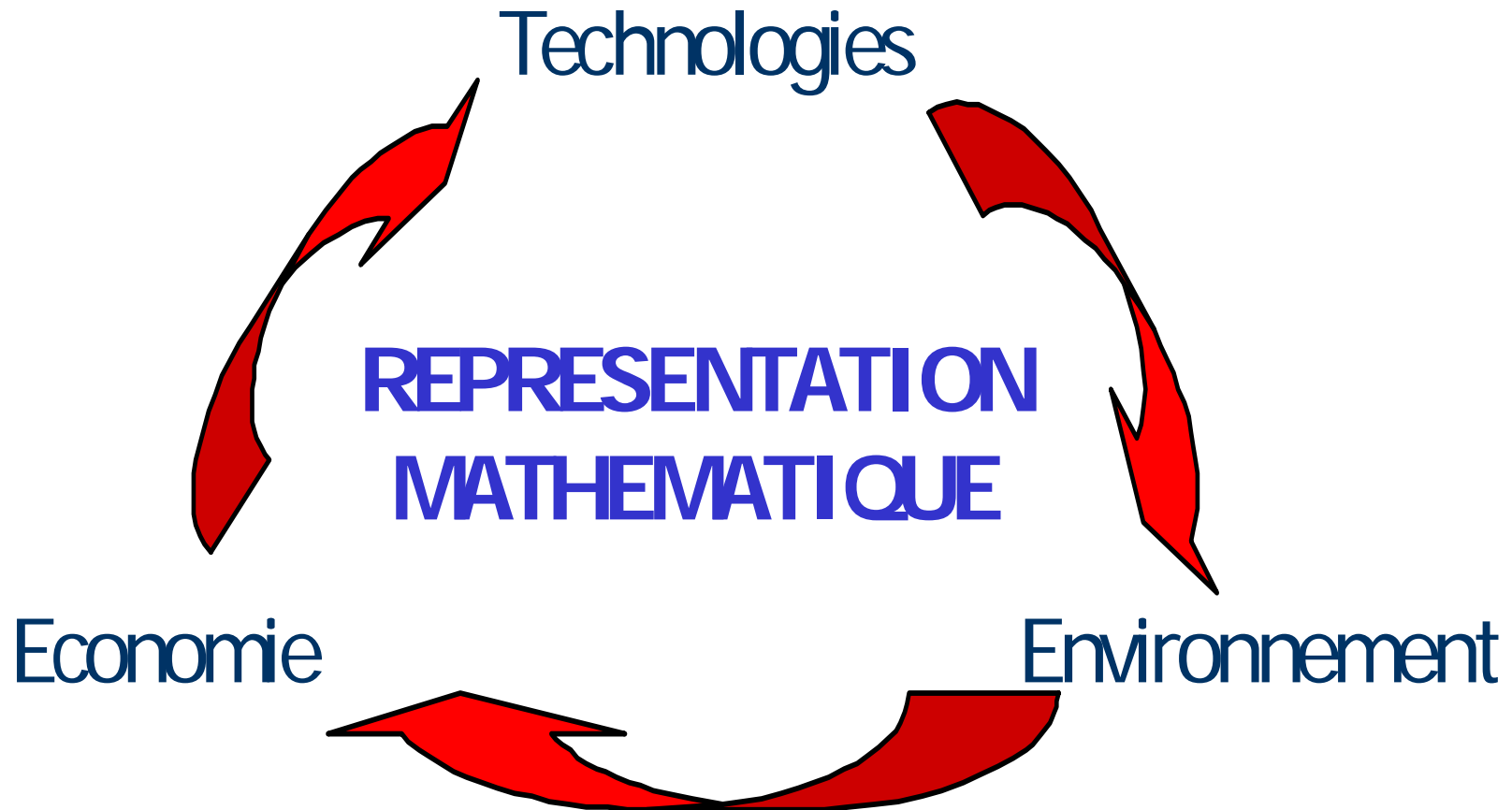
*Un souhaitable qui apparaisse plausible à l'esprit prospectif et qui devienne probable pour l'esprit attaché à sa réalisation.*

*Pierre Massé*



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Cerner le jeu des possibles





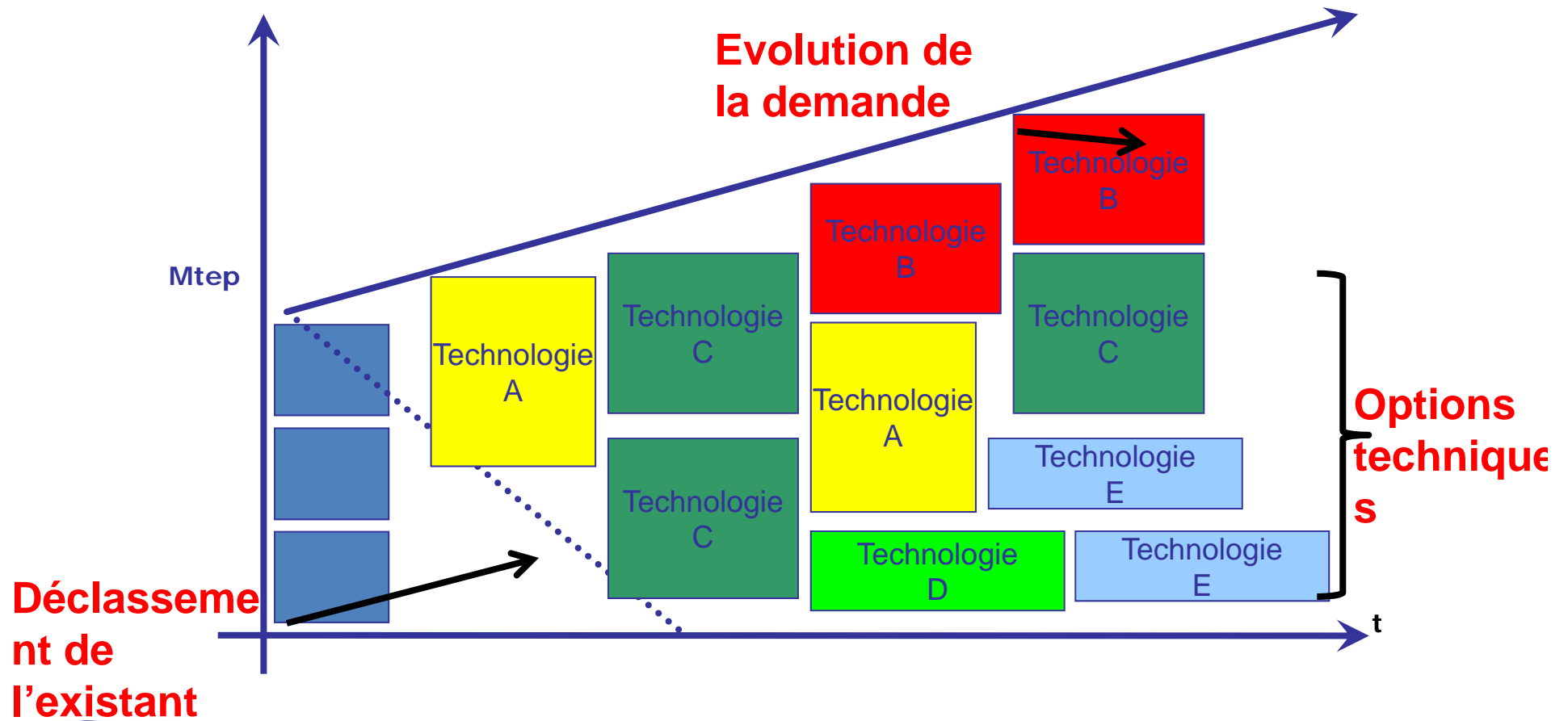
# MODÉLISER : UNE PLATEFORME DE MODÈLES



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

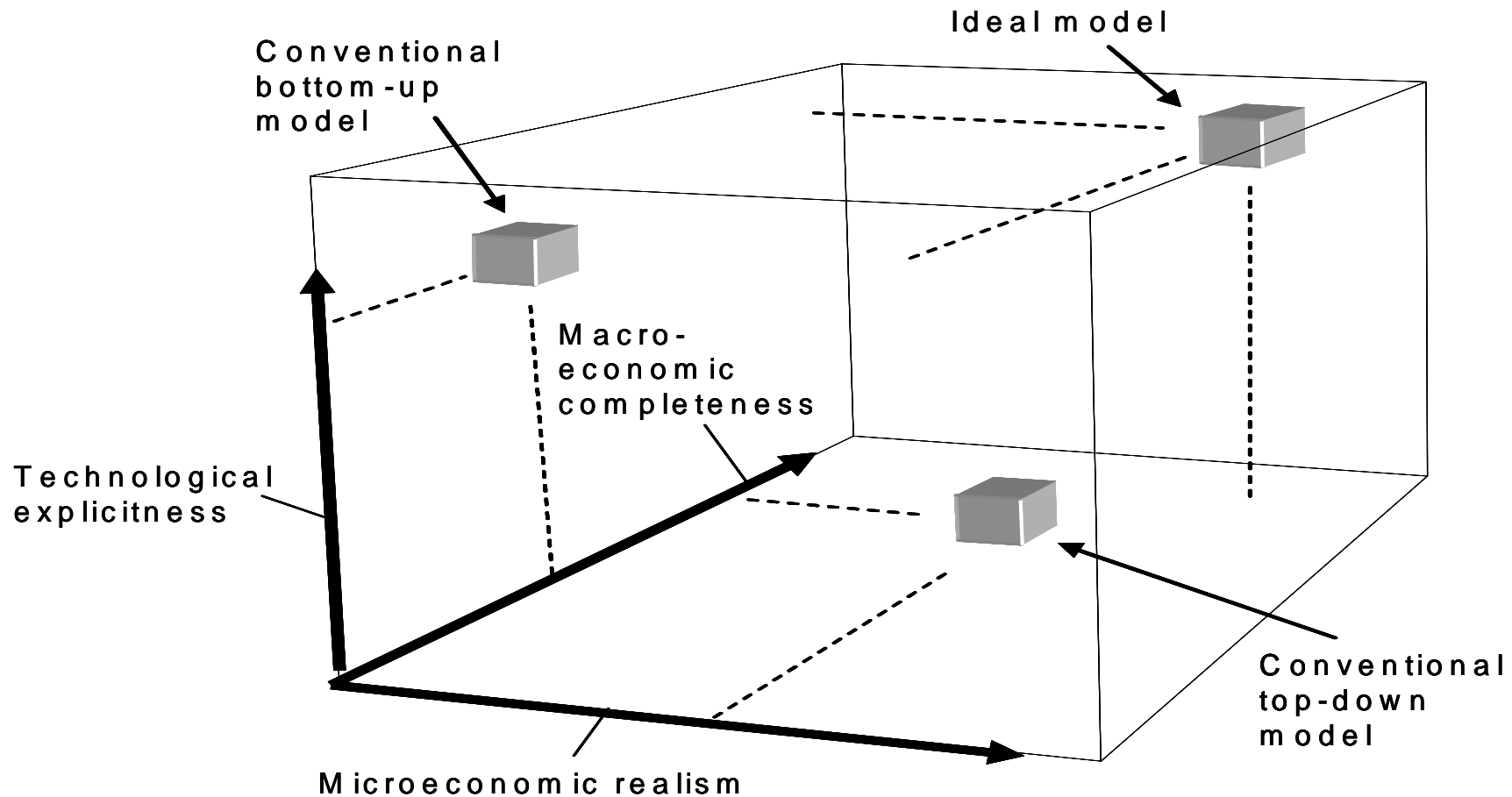
**ParisTech**  
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# Un paradigme fondé sur les techniques d'optimisation : Markal/TIMES



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Les enjeux de l'hybridation des expertises: IMACLIM et *trois directions de progrès*



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Une gamme de modèles multi-échelles

Une suite de modèles IMACLIM et TIAM/TIMES

- Développement des modèles à différentes échelles spatiales : France, Europe, Monde 16 régions, Amérique latine, Afrique, Brésil
- Explorations méthodologiques sur le couplage des modèles IMACLIM et TIAM-FR
- Construction de modèles « thématiques »  
Ville, Usages des sols, Biocarburants, CCS BCCS, Intéractions Eau/Energie, Electricité/Fiabilité, ...



# ANALYSER : LES ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT DURABLE



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Prospectives intégrées aux échelles mondiales et nationales

- **Trajectoires de long terme décarbonées aux échelles globales :** *Contribution aux scénarios mondiaux de transition énergétique*
- **Trajectoires de long terme décarbonées en France :** *Contributions aux diverses commissions en France*
- **Effets re-distributifs des politiques énergétiques:** *un point clef d'articulation court terme – long terme*
- **Tensions autour des ressources naturelles et contrainte carbone:** *peak oil, rôle « assurantiel » des politiques climatiques*



# Questionnements prospectifs spécifiques

- **Le Nucléaire et les mix-énergétiques Post Fukushima**
- **Déploiement de technologies bas carbone** : véhicules du futur, biomasse, CCS
- **Dynamiques urbaines et énergie**: mobilité, choix modaux, prix de l'énergie, de l'immobilier et politiques d'infrastructure
- **Prospective des tensions sur l'usage des sols**: alimentation vs énergie vs séquestration de carbone
- **Prospective des tensions autour de l'eau** : arbitrages sur les usages de l'eau (énergie, industrie, agriculture)
- **Gestion des réseaux électriques**: pénétration de ressources intermittentes à grande échelle et **et solutions intelligentes.**



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Contribution aux réseaux scientifiques internationaux

- Energy Modeling Forum (Stanford-IIASA)
- Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP)
- Integrated Assessment Modelling Consortium pour l'élaboration Shared Socio-Economic Pathways (SSP) du GIEC
- Low Carbon Society Research Network (LCS-Rnet)
- Stream Long Term Modeling (European Conference in Operational Research)





# Présence dans les COP de la Convention Climat

- Copenhague (COP 15, 2009) sur les politiques énergétiques régionales sous contrainte carbone,
- Durban (COP 17, 2011), sur les politiques climatiques sous contrainte financière
- Doha (COP 18, 2012), sur la croissance durable et sobre en carbone des systèmes électriques
- Varsovie (COP19, 2013) sur les liens entre nucléaire et politiques climatiques.



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Journées nationales

- 3 octobre 2012 dans les locaux de MINES ParisTech, Paris  
**« Transitions énergétiques dans un monde en recomposition »**
- 11 octobre 2011 au campus du Jardin Tropical, Nogent-sur-Marne  
**« Visions croisées sur l'avenir du nucléaire après Fukushima »**
- 17 novembre 2010 dans les locaux de MINES ParisTech, Paris  
**« Prospective pour les enjeux Energie-Climat »**
- 20 novembre 2009 à l'Ecole des Ponts ParisTech, Marne-la-Vallée  
**« Préparer l'après Copenhague: les nouvelles frontières de la modélisation prospective »**
- 16 décembre 2008 à MINES ParisTech, Sophia Antipolis  
**« Carbone et Prospective »**



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Journées internationales et inter entreprises

- « *Policies after Fukushima* » à Sophia Antipolis les 15 et 16 mars 2012
- « *Transition Towards Low Carbon Societies in a Changing World* » à Paris les 13 et 14 octobre 2011
- **Trois conférences intra entreprises**
  - Avec l'Université Total, « Décisions politiques et économiques face aux enjeux énergie-climat » (18 février 2010)
  - Avec Schneider Electric sur « Smart Cities, une contribution à RIO+20 » (4 juin 2012) ;
  - Avec l'ADEME autour des « Visions de long terme 2030-2050 » (16 Septembre 2013)



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable

# Une structure mûre pour :

- animer une **plate-forme de prospective pérenne** avec deux volets, *ad intra* et *ad extra*
  - Progrès dans le développement des outils, leur mise en dialogue et leur présence dans les débats publics
- développer des **opérations ciblées** pour alimenter les besoins des partenaires autour de **problématiques structurantes**
- poursuivre (systématiser) l'effort de **présence française** dans les principaux lieux d'expertise internationale
- prendre des initiatives en France pour la structuration des débats publics par **la démarche prospective**



# ANNEXES



# Les thèses soutenues dans le cadre de la Chaire

- Stéphanie BOUCKAERT, *Contribution des Smart Grids à la transition énergétique : évaluation dans des scénarios de long terme*, sous la direction de Nadia MAIZI, MINES ParisTech / CMA, décembre 2013
- François SOUTY, *Modélisation des rendements des surfaces agricoles à l'échelle des grandes régions du monde*, sous la direction de Jean-Charles HOURCADE et Philippe CIAIS, mars 2013
- Henri WAISMAN, *Les politiques climatiques entre prix du carbone, rentes pétrolières et dynamiques urbaines*, sous la direction de Jean-Charles HOURCADE (CNRS), avec le co-encadrement de Fabio GRAZI, avril 2012
- Gondia SECK, *Modélisation prospective de l'industrie diffuse pour l'évaluation de l'impact de politiques de Maîtrise de l'Energie (MDE) avec TIMES: la récupération de chaleur avec les Pompes à Chaleur (PAC) dans l'industrie agroalimentaire*, sous la direction de Nadia MAIZI, MINES ParisTech / CMA, janvier 2012
- Mathilde DROUINEAU, *Modélisation prospective et analyse spatio-temporelle: intégration de la dynamique du réseau électrique*, sous la direction de Nadia MAIZI (MINES ParisTech / CMA) et de Vincent MAZAURIC (SCHNEIDER ELECTRIC), décembre 2011
- Louis-Gaëtan GIRAUDET, *Les instruments économiques de maîtrise de l'énergie: une évaluation multidimensionnelle*, sous la direction de Dominique FINON (CNRS) et Philippe QUIRION (CNRS), mars 2011
- Jean-Michel CAYLA, *Les ménages sous la contrainte carbone. Exercice de modélisation des secteurs résidentiel et transports avec TIMES*, sous la direction de Nadia MAIZI, MINES ParisTech / CMA, mars 2011
- Céline GUIVARCH, *Evaluer le coût des politiques climatiques. De l'importance des mécanismes de second rang*, sous la direction de Jean-Charles HOURCADE, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, octobre 2010



# Les Stages du Mastère Spécialisé OSE

- Capitalisation et optimisation de la plateforme de modélisation TIMES  
Evariste CHAINTREAU, 2013
- France 2050 et comportement des ménages  
Renaud DUDUIT, 2012
- *Seriousgameet* territoire à l'horizon 2050  
Stève LECHEVALIER, 2012, en partenariat avec ECOTYPE
- Efficacité Energétique et Prospective sous TIMES  
Sébastien POSTIC, 2012, en partenariat avec SCHNEIDER ELECTRIC
- Analyse critique de la *Roadmap* 2050 de l'ECF  
Adrien ATAYI, 2011
- Modèles de consommation d'énergie dans les outils prospectifs  
François BRIENS, 2011
- Prospective Carbone et Efficacité Energétique dans TIAM-FR  
Matthieu THIBOUST, 2011, en partenariat avec SCHNEIDER ELECTRIC
- Implémentation de la problématique de l'eau dans TIAM-FR  
Stéphanie BOUCKAERT, 2010
- Modélisation TIAM  
Benoît LENTZ, 2009



# Les stages EDDEE, ENPC et ENSTA

- Arbitrage capital/travail dans le modèle Nexus land use  
William Dang, 2012
- Dynamique du travail et des revenus du système agro-industriel  
Florian Leblanc, 2012
- Evaluation des données en investissements d'infrastructures dans différents secteurs  
Alexandre Lumbroso, 2012
- Impact de la crise économique et financière sur le rythme des investissements dans l'exploration et le développement de champs pétroliers et conséquences en termes de tensions sur le marché du pétrole  
Sébastien Duquesnoy, 2011
- Prospective des conditions économiques et des bénéfices climatiques liés à la pénétration du véhicule électrique  
Adrien Vogt-Schilb, 2009
- Analyse prospective de la croissance économique sous contraintes de disponibilité des énergies fossiles  
Julie Rozenberg, 2009



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable



# Restitution des travaux réalisés dans le cadre de la Chaire

- Comité de suivi n° 13 – 12/09/2012
  - Henri WAISMAN (CIRED) : *L'endogénéisation des ressources fossiles (pic pétrolier) dans IMACLIM et l'évaluation des effets d'équilibre général*
  - Sébastien Postic (CMA) : *Efficacité énergétique et prospective sous TIMES* (étude réalisée en partenariat avec SCHNEIDER ELECTRIC)
  
- Comité de suivi n° 12 – 12/04/2012
  - Céline GUIVARCH (CIRED) : *Point d'avancement sur la réalisation des nouveaux scénarios socio-économiques en vue du 5<sup>e</sup> rapport du GIEC*
  - Nicklas FORSELL (CMA) : *Development of bio-energy sector and its links to forest management and industries*
  
- Comité de suivi n° 11 – 11/01/2012
  - Céline GUIVARCH (CIRED) : *Conditions de l'émergence et impacts macroéconomiques du véhicule électrique en Europe et en Chine*
  - Gondia SECK (CMA) : *Modélisation prospective de l'industrie diffuse pour l'évaluation de l'impact de politiques de Maîtrise de l'Energie (MDE) avec TIMES: la récupération de chaleur avec les Pompes à Chaleur (PAC) dans l'industrie agroalimentaire*



## Restitution (suite)

- Comité de suivi n° 10 – 14/09/2011
  - Sébastien Duquesnoy (CIRED) : *Crise économique et détente sur le marché pétrolier ?*  
Etude réalisée en partenariat avec TOTAL
  - Matthieu THIBOUST (CMA) : *Prospective carbone et Efficacité énergétique*  
Etude réalisée en partenariat avec SCHNEIDER ELECTRIC
  
- Comité de suivi n° 9 – 24/05/2011
  - Ruben BIBAS (CIRED): *Scénarios réalisés dans le cadre du EnergyModellingForum*
  - Adrien ATAYI (CMA): *Analyse critique de la Roadmap2050*



Chaire Modélisation prospective  
au service du développement durable