



**TOUS ENSEMBLE
POUR LE CLIMAT**

cop21.gouv.fr #COP21



MINES
ParisTech

COP21 : Quelles solutions de décarbonisation demain ?

Dossier de presse

Contacts presse MINES ParisTech – agence Amalthea

Murielle Mazau – 04 26 78 27 16 – mmazau@amalthea.fr

Laurent Meggs – 01 76 21 67 54 – jbarbaras@amalthea.fr

Sommaire

- ▶ 3 questions à Nadia Maïzi p.3
- ▶ Le Centre de Mathématiques Appliquées (CMA) et la COP21 p.4
- ▶ Présentation du Mastère Spécialisé Optimisation des Systèmes Energétiques (OSE) p.5
- ▶ Les 6 propositions du Mastère Spécialisé OSE p.6
- ▶ Portrait d'Alice Didelot p.7
- ▶ MINES ParisTech, l'École des Ponts ParisTech, AgroParisTech et leurs partenaires relancent officiellement pour 5 ans la Chaire « Modélisation Prospective au service du Développement Durable » p.8
- ▶ MINES ParisTech en bref p.9

Dans la perspective de la COP21 qui se déroulera cet automne à Paris et l'objectif fixé par les Etats signataires de la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) d'aboutir à un accord international permettant de contenir un réchauffement global en deçà de 2°C, quels sont les scénarios possibles ?

Depuis plus de 15 années, le Centre de Mathématiques Appliquées, qui participe avec 80 laboratoires de 30 pays aux travaux de modélisation énergétique de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE). Une collaboration qui a conduit à l'élaboration de scénarios pour apporter des éclairages concrets et chiffrés des différentes options de la transition énergétique. « *Nos modèles, constamment remis en cause et questionnés de manière dynamique, proposent des résultats pour envisager les futurs possibles, étayés scientifiquement, et qui apportent matière à réflexion et à discussion.* » Le CMA est également contributeur des débats dans le cadre des COP de la CCNUCC, Nadia Maïzi étant depuis 2008, chef de la délégation ParisTech, organisation observatrice accréditée par l'ONU

Un travail de modélisation qui tient aussi compte d'aspects complexes, imprévisibles et versatiles comme le comportement humain ou la géopolitique. « *Nos modèles, constamment remis en cause et questionnés de manière dynamique, proposent des résultats pour envisager les futurs possibles, étayés scientifiquement, et qui apportent matière à réflexion et à discussion.* ».

3 questions à Nadia Maïzi



Directrice du Centre de Mathématiques Appliquées (CMA), Responsable pédagogique du Mastère Spécialisé Optimisation des Systèmes Énergétiques (OSE) et titulaire de la Chaire « Modélisation Prospective au service du développement durable »

Pouvez-vous nous présenter votre mission en quelques mots ?

C'est en mathématiciens que nous abordons les enjeux énergétiques et climatiques. En utilisant des modèles éprouvés scientifiquement, nous espérons aider à préparer la transition énergétique et éclairer les prises de décision. Concrètement face à des enjeux extrêmement complexes, à l'échelle nationale mais surtout internationale et dans une échelle temps très courte (50 ans environ), nous essayons de saisir l'ensemble des éléments constitutifs du système ce qui nécessite des approches transdisciplinaires : de l'épistémologie, des mathématiques, de l'économie, de la physique, de la sociologie,... car il s'agit de prendre en compte l'ensemble du système énergétique et des interactions entre secteurs économiques. Et nos modèles doivent tenir compte d'aspects imprévisibles et versatiles comme le comportement humain ou la géopolitique.

Par exemple, quand on dit, nous souhaitons réduire la part de l'énergie nucléaire en France de 75% à 50% d'ici 2025 au profit des énergies renouvelables, nous essayons de comprendre ce que cela veut dire concrètement pour la consommation électrique des ménages, les transports, la production industrielle... et d'évaluer objectivement la contribution potentielle des technologies, en fonction de leur maturité. Pour cela, il faut faire évoluer les modèles et tester la robustesse aux paramètres dont ils dépendent.

Quels sont les scénarios qui se dessinent ?

Les scénarios du futur dépendront des décisions qui seront prises par les politiques et les acteurs socio-économiques. Une chose est sûre, certains scénarios montrent que des choix drastiques devront être faits, notamment en termes de mode de consommation énergétique.

Dans une certaine mesure, nous sommes tous acteurs. Aussi les vraies questions seraient plutôt : quelle transition énergétique souhaitons-nous ? Et quel chemin est-il possible d'élaborer pour que cet avenir souhaitable devienne probable en définissant le mix énergétique du futur ?

A vos yeux quels sont les enjeux de la COP21 ?

Ils sont avant tout géopolitiques. Il s'agit de continuer la discussion et de renforcer l'implication des pays qui participent à ces négociations. La prise de conscience progresse, et même en France où il y a moins d'un an, pratiquement personne ne savait ce que signifiait les COP.

Par contre, il faut rester réaliste : non seulement les premières contributions prévues déterminées au niveau national (dites INDCs) proposées sont bien loin des niveaux de réduction nécessaires pour atteindre l'objectif des 2°C, mais au-delà, on connaît tous les travers de ce type d'engagements : difficilement mesurables, moyens de coercition quasi inexistantes... Et cela enferme dans un débat technique peu suivi et peu maîtrisé !

Cependant, encore une fois, l'enjeu n'est sans doute pas tant d'être coercitif que de mobiliser sur le sujet, qui est sérieux et dont nous commençons à percevoir les conséquences notamment humaines, dramatiques.

La conférence doit être un catalyseur des initiatives portées par tous les acteurs : villes, secteurs privés, transport, agriculture... C'est d'ailleurs ce que j'ai souhaité stimuler en proposant à mes élèves d'imaginer des solutions de rupture comme celles qu'ils présenteront le 10 juillet.

Le Centre de Mathématiques Appliquées (CMA) et la COP21



Le CMA développe une démarche originale en déclinant des compétences scientifiques fondamentales en modélisation, mathématiques du contrôle et de la décision et en informatique du temps réel afin d'aborder des systèmes de plus en plus complexes. Cette association de disciplines fondamentales

permet d'envisager ces systèmes pour une déclinaison de thèmes qui reflètent de grands défis industriels et de grandes questions de société.

Les projets de recherche développés au CMA concernent les enjeux liés au climat (technologies, carbone, énergie, eau, raréfaction des matériaux), la sécurité de sites industriels sensibles, le déploiement de systèmes de contrôle pour le spatial, la maturité des marchés de l'électricité et du carbone, les questions de déploiement des systèmes électriques intégrant des technologies liées aux renouvelables et aux réseaux intelligents.

Depuis une dizaine d'années, les activités du CMA se sont particulièrement concentrées dans les domaines de l'énergie et du climat. Les questions d'énergie associées aux changements climatiques et à la mondialisation ont été l'occasion d'un renouvellement thématique : l'année 2000 a constitué une charnière avec l'ouverture des marchés de l'électricité, puis du gaz en Europe. A partir de cette date, les contraintes environnementales sur les émissions de gaz à effet de serre liées à l'activité anthropique, et en particulier celles associées à l'ensemble des activités de la chaîne énergétique (de l'amont à l'aval) ont été l'objet de toutes les attentions et ont suscité la publicité d'un certain nombre de solutions, toutes promues dans l'espoir de conduire à des réductions significatives du volume des émissions globales, érigées au rang de solution pour la lutte contre les changements climatiques, et prétextes à discordes.

Ainsi le CMA a pu assister à :

- ▶ l'émergence ou à la renaissance de concepts tels que : écologie industrielle, efficacité énergétique, économie verte, croissance verte, décroissance, finance carbone... certains étant intégrés dans les objectifs de l'agenda climatique (comme les gains en efficacité énergétique)
- ▶ la promotion de ressources renouvelables nouvelles ou classiques (biocarburants de première et de deuxième génération, biomasse, solaire, éolien, énergie des mers géothermie,...)
- ▶ au déploiement ou à la promotion des investissements dans des technologies (ou solutions technologiques) : panneaux solaires, batteries, smart grids (réseaux intelligents), smart cities (villes durables), smart buildings (bâtiments intelligents),...

Dans ce contexte, la déclinaison d'approches innovantes issues des mathématiques du contrôle et de la décision, permettant d'aborder les systèmes complexes associés plus spécifiquement aux enjeux liés au climat (technologies, carbone, énergie, eau, raréfaction des matériaux), ou encore d'investiguer la maturité des marchés de l'électricité et du carbone, ou enfin de traiter des questions de déploiement des systèmes électriques intégrant des technologies liées aux renouvelables et aux réseaux intelligents, s'est avérée extrêmement fructueuse.

Plus d'informations sur le CMA :

<http://www.cma.mines-paristech.fr/fr>

Programme d'actions autour de la COP21

- ▶ **Conférence** co-organisée, avec le Berkeley Energy and Climate Institute (BECI) de l'Université de Berkeley **sur le thème « [Innovations in Decarbonization](#) » dans le cadre de « [Our Common Future Under Climate Change](#) ».** (MINES ParisTech – Salles V115-V119 – jeudi 10 juillet 2015 à partir de 9h00)
- ▶ Journée de la Chaire autour des solutions pour la COP21. (MINES ParisTech – Sophia Antipolis – mardi 22 septembre 2015)
- ▶ Workshop de l'Energy Technology Systems Analysis Program de l'AIE (ETSAP : <http://www.iea-etsap.org>) au cours duquel une session sera consacrée aux travaux réalisés dans le cadre de la Chaire sur la COP21. (MINES ParisTech – Sophia Antipolis – jeudi 22 et vendredi 23 octobre 2015)

Pendant la COP 21, un side event sera organisé dans l'enceinte internationale de l'UNFCCC (dans le cadre de la Chaire MPDD) – TBC ainsi que 3 dans le pavillon français. 4

Présentation du Mastère Spécialisé Optimisation des Systèmes Energétiques (OSE)

Une formation de 12 mois ouverte aux bac +5 pour s'immerger dans le monde de l'énergie

Le Mastère Spécialisé OSE, créé par le CMA en 2000, est une formation d'une durée de 12 mois proposée aux ingénieurs ainsi qu'aux scientifiques disposant d'un diplôme de master (Bac+5).

Cette formation pluridisciplinaire propose une année d'immersion dans le monde de l'énergie, mêlant à l'apprentissage de méthodes mathématiques d'optimisation et de prospective la compréhension des enjeux technologiques et climatiques liés à la maîtrise énergétique.

L'enseignement qui se déroule à Sophia Antipolis et à Nice se fait sous forme de cours, conférences et projets autour de méthodes d'optimisation et d'aide à la décision puis d'un stage de 6 mois chez un partenaire industriel.

Les systèmes énergétiques au sens large sont abordés de façon globale donnant aux étudiants les clés pour rechercher des solutions durables répondant à des contraintes de plus en plus fortes : changement climatique, épuisement des ressources, contraintes politiques et financières...

Les partenaires académiques du mastère

Le CMA s'est associé au Centre de Recherche en Economie et Droit de l'Energie de la Faculté de Sciences Economiques de l'Université de Montpellier I ([CREDEN](#)) pour la partie économique et à l'Ecole De Hautes Etudes Commerciales du Nord ([EDHEC](#)) pour la partie management de projet. La combinaison de ces trois cultures complémentaires permet

d'aboutir à une compréhension complète des différents paradigmes du monde de l'énergie.

Une formation dont la pédagogie est principalement basée sur les projets

La pédagogie de cette formation pluridisciplinaire mêlant aspects techniques, économiques, juridiques, environnementaux et de management est basée sur de nombreux projets qui se déclinent autour d'un thème fédérateur. Les jeunes ingénieurs vont ainsi, autour de ce thème, rédiger une synthèse qui peut donner lieu à publication aux Presses des Mines.

Ils organisent également une conférence qu'ils dispensent auprès d'un public d'universitaires ou d'institutionnels lors du voyage d'Etudes de la promotion qui s'effectue en mars. Ce voyage est l'occasion d'appréhender la problématique énergétique dans un contexte international.

Ils créent un « événement » de type colloque, workshop, salon en fin de cursus. Cet événement doit réunir des personnalités référentes dans la thématique fédératrice pour une journée d'échanges scientifiques. Il se déroule chaque année, le dernier jeudi du mois de septembre.

Enfin, les élèves conçoivent chaque mois une revue de presse dans le domaine de l'énergie : <http://promotionose2013.cma.mines-paristech.fr>

Plus d'informations sur le Mastère OSE :
<http://ose.cma.mines-paristech.fr/>

Les 6 propositions du Mastère Spécialisé OSE

Pour faire face d'un côté à l'urgence climatique et de l'autre à la complexité des accords discutés, de nouvelles orientations doivent être examinées afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et éviter que une hausse de la température moyenne mondiale supérieure à 2 ° C.

Le processus de discussion lors des négociations sur le climat est par ailleurs d'autant plus lent qu'un large éventail d'approches et de mesures à différents niveaux doit être envisagé. Tel fut le cadre de la recherche menée par la promotion 2014-2015 du Mastère Spécialisé Optimisation des Systèmes Energétiques, dont six propositions seront abordées pour appréhender les questions du changement climatique dans une perspective différente : particulièrement, ils suggèrent que relever le défi en se plaçant au niveau régional, sectoriel et individuel peut apporter des résultats pertinents et rapides.

Ces six propositions portent sur les thèmes suivants :

► **Le charbon**

Comment contraindre les banques à financer des projets sobres en carbone voire à ne plus financer les projets charbonniers les plus polluants ?

► **L'uranium**

Vers une meilleure maîtrise d'une ressource sensible, passant notamment par l'encadrement de l'extraction de l'uranium (taxe à l'extraction pour une bonne distribution de moyens financiers accrus afin d'accélérer les recherches dans les nouvelles technologies).

► **L'acier**

Le recyclage de l'acier comme opportunité de réduction des émissions de CO2 et implémentation d'un système de taxe à

l'import et à l'export pour permettre de relancer ces filières de recyclage.

► **L'OPEP** (Organisation des pays exportateurs de pétrole)

Etude de différentes mesures visant à minimiser les effets adverses des politiques climatiques sur les membres de l'OPEP par la diversification économique. Autrement dit mise en œuvre d'une diversification économique afin de réduire la dépendance de l'OPEP et de leurs recettes d'exportation de pétrole et d'atteindre des objectifs climatiques.

► **La ville**

Proposition d'un outil permettant aux municipalités d'identifier leurs marges de progression dans la gestion de la congestion automobile urbaine (devenue essentielle à l'échelle mondiale).

► **Le marché de l'eau virtuelle**

Système d'échange de permis d'eau virtuelle entre nations qui pourrait déboucher sur davantage d'équité sociale et une durabilité écologique (semblable aux mesures développées lors du Protocole de Kyoto sur les émissions de GES).

Portrait de Alice Didelot



Etudiante du Mastère Spécialisé OSE, qui présentera un des 6 modèles de rupture proposés pour la COP21, autour du recyclage de l'acier.

Quel est votre parcours ?

Après un bac scientifique, je suis rentrée en classe préparatoire dans la filière Physique Chimie. J'ai ensuite intégré l'Ecole polytechnique où en troisième année, je me suis intéressée de près au secteur des énergies, avec un attrait particulier pour la physique et l'économie.

J'ai choisi d'effectuer mon année de spécialisation aux Mines dans le Mastère Spécialisé Optimisation des Systèmes Energétiques pour continuer dans cette voie.

Pourquoi avoir choisi MINES ParisTech en général et le Mastère OSE en particulier ?

J'ai voulu intégrer le Mastère OSE des Mines car il correspondait très bien à ce que j'avais envie d'apprendre en spécialisation, à savoir le fonctionnement du milieu de l'énergie autant d'un point de vue technique qu'économique.

C'est en rencontrant une conseillère d'orientation à l'Ecole polytechnique que j'ai entendu parler de cette formation pour la première fois. Puis j'ai eu l'occasion de discuter avec un des responsables du Mastère, ce qui m'a permis de bien en comprendre les enjeux et qui a achevé de me convaincre

Pouvez-vous nous parler de la proposition ACIER ?

Au cours de l'année, nous avons réalisé un travail pour proposer des solutions sectorielles à la réduction des émissions de CO₂. Avec deux de mes camarades, nous avons été interpellés par le fait que la production d'acier est responsable de plus de 6% des émissions à travers le monde.

Il existe cependant deux façons de produire de l'acier : la première à partir de minerai de fer en utilisant des hauts fourneaux à coke, et la seconde à partir de ferrailles (acier déjà utilisé) avec des fours à arcs électriques.

En prenant en compte l'augmentation croissante du gisement de ferrailles, dont la qualité n'est pas altérée et dont on évalue le cycle de vie à une cinquantaine d'années, et le fait que les fours électriques ont une empreinte carbone directement dépendante du mix énergétique qui les fournit, nous avons comparé les émissions de CO₂ par tonne d'acier produite suivant leur mode de fabrication.

Nous avons ensuite réfléchi à une façon d'accompagner le développement de la filière du recyclage via des taxes à l'import/export de l'acier dont les revenus seraient redistribués pour le déploiement du recyclage dans les régions produisant beaucoup d'acier et ayant un gisement de ferrailles croissant.

Qu'attendez-vous de la COP21 ?

Je vois la COP21 comme un tournant majeur dans les négociations pour le climat. Les différents acteurs de l'économie sont conscients des enjeux liés au CO₂ et au besoin de passer à un mode de croissance plus durable.

Donner un prix au carbone convergeant sur le long terme pour permettre aux industriels de faire les investissements adéquats est certainement une des grandes attentes de ce sommet.

J'espère que la bonne volonté manifeste de changement conduira à des décisions efficaces qui seront suivies de plans d'actions respectés par chaque partie.

MINES ParisTech, l'École des Ponts ParisTech, AgroParisTech et leurs partenaires relancent officiellement pour 5 ans la Chaire « Modélisation Prospective au service du Développement Durable »



Chaire Modélisation prospective au service du développement durable

Créée en 2008, cette Chaire a pour objectif la conception d'outils de modélisation prospective innovants pour accompagner le débat public autour de questions d'énergie et de climat, et de leurs implications en termes de choix technologiques, de structure industrielle, d'emploi et de modes de consommation.

Les scénarios d'avenir proposés par la Chaire MPDD sont des outils particulièrement pertinents pour éclairer les termes des discussions de la conférence COP21 - Paris Climat 2015, qui se tiendra du 30 novembre au 11 décembre prochain.

Portée par la Fondation Mines ParisTech et la Fondation des PONTs, la Chaire MPDD* se renouvelle pour 5 ans, poursuivant son partenariat avec l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), EDF (Electricité de France) et Schneider Electric, et en accueillant GRTgaz.

L'objectif de cette nouvelle période est de pérenniser en France un pôle de modélisation prospective reconnu à l'international, et porteur d'outils innovants pour une meilleure maîtrise des dossiers liés à la transition énergétique, au changement climatique, à la gestion des ressources et aux politiques d'environnement, notamment dans un contexte de globalisation économique. Cela signifie concrètement de :

- ▶ Développer et maintenir des outils de modélisation prospective conçus comme des « biens publics » ;

- ▶ Intervenir via des exercices de prospective, en France et à l'international, sur les enjeux posés par les interfaces économie – ressources – climat ;
- ▶ Valoriser et diffuser une « culture de la prospective » en France, par des cycles de conférences et le développement de formations de haut niveau.

« Cette Chaire a pour vocation d'être un lieu de débats industriels, sociaux et publics sur les questions d'énergie et de climat, à travers leurs dimensions ressources, territoires, usages et technologies. En ce sens, l'année 2015 sera particulièrement importante avec la préparation de la COP21 - Paris Climat 2015. Dans la continuité des travaux des précédentes COP, nous souhaitons contribuer à éclairer les débats sur ce sujet capital pour l'avenir de notre planète » indiquent Nadia Maïzi, Directrice du Centre de Mathématiques Appliquées, et Jean-Charles Hourcade, Directeur de recherche au Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement, co-fondateurs de la Chaire « Modélisation Prospective au service du Développement Durable ».

Ces cinq dernières années, la Chaire MPDD a mobilisé ses outils de modélisation pour évaluer les engagements de limitation des Gaz à Effet de Serre pris au niveau des pays ou des grandes régions du monde. Le facteur 4 français, les 3x20 européens, les « pledges » à l'issue de la COP15 à Copenhague puis Cancun, et aujourd'hui les « INDC » ont fait l'objet d'analyses spécifiques.

Les résultats des modèles prospectifs, discutés dans différentes enceintes (COP, WEO, conférences scientifiques, débats sur la transition énergétique...) ont permis de comprendre la faisabilité des trajectoires associées à ces engagements ainsi que leur contribution effective à la lutte contre le changement climatique.

Quels seront les emplois impactés ? Comment évolueront les modes de consommation et quels seront les choix technologiques stratégiques ? Pour répondre à ces questions, les pouvoirs publics pourront s'appuyer sur les futurs travaux de la Chaire.

Plus d'informations sur la Chaire MPDD
<http://www.modelisation-prospective.org/>

Communiqué de presse complet
<http://www.mines-paristech.fr/Presse/Communiques-de-presse/MINES-ParisTech-l-Ecole-des-Ponts-ParisTech-AgroParisTech-et-leurs-partenaires-relancent-officiellement-pour-5-ans-la-Chaire-laquo-Modelisation-Prospective-au-service-du-Developpement-Durable-raquo/148>

MINES ParisTech en bref

DES FORMATIONS D'EXCELLENCE

- 150** ingénieurs civils diplômés par an
- 200** diplômés des **13** Mastères spécialisés
- 20** ingénieurs du Corps des Mines
- 100** nouveaux docteurs diplômés par an
- 150** stagiaires en formation continue

L'ÉCOLE EN SYMBIOSE AVEC LE MONDE DE L'ENTREPRISE

Près de **30** millions d'euros de contrats de recherche par an (en partenariat avec ARMINES)

- 1^{re}** école d'ingénieurs française pour le volume de recherche contractuelle
- 1 000** nouveaux contrats de recherche par an
- 200** partenaires industriels
- 18** chaires d'enseignement et de recherche
- 17** entreprises créées grâce à l'École au cours des 5 dernières années : Spotistic, Expliseat, EReIE, 1Year1Book, Nest for All, Weezic ...
- 81** brevets dont 18 déposés en 2014
- 5** millions d'euros de licences logicielles réalisés par TRANSVALOR

L'EXCELLENCE ACADÉMIQUE DE LA RECHERCHE

- 2** Prix Nobel ont été formés à l'École : Georges Charpak (physique, 1992) et Maurice Allais (économie, 1988)
- 235** enseignants-chercheurs
- 18** centres de recherche en pointe dans leur domaine
- 100** thèses soutenues par an
- 400** articles de rang A ou livres publiés chaque année
- La création de disciplines nouvelles : géostatistique, morphologie mathématique, systèmes plats ...

UNE ÉCOLE OUVERTE SUR LE MONDE

- 100** universités partenaires sur les 5 continents
- 30** accords de double-diplôme ingénieur
- 32 %** d'étudiants de nationalité étrangère, tous cycles confondus
- 60** nationalités représentées
- 1/3** des professeurs recrutés à l'international
- De nombreux partenariats de recherche avec des organismes français ou étrangers : CNRS, Paris Sciences et Lettres, Institut Mines-Télécom, Inria, MIT, CalTech, Berkeley, EPFL...

Chiffres issus du Rapport d'Activité 2014 de MINES ParisTech disponible en téléchargement sur le site