



DÉPARTEMENT ÉNERGÉTIQUE ET PROCÉDÉS

## Projet de Centre

### « Observation, Impacts, Energie » (O.I.E.)

### Projet scientifique 2013 - 2016

- 22 novembre 2012 -

-oOo-

Ce texte présente le **projet de Centre « Observation, Impacts, Energie » (O.I.E.)**, issu de l'équipe « Observation, Modélisation, Décision » du Centre Energétique et Procédés de MINES ParisTech. Il présente l'équipe, son **projet scientifique** pour la période 2013-2016, l'enseignement dispensé, ses activités partenariales, son organisation, puis les perspectives de recherche et d'enseignement. Le Centre O.I.E. sera rattaché au Département Energétique et Procédés, et à l'Unité de Recherche correspondante en ce qui concerne l'Ecole Doctorale SMI et l'évaluation AERES.

## 1. L'équipe OMD / Le Centre O.I.E.

### *Historique*

A la suite de la dissolution du Centre Imagerie et Télédétection (CIT) de l'Ecole des Mines de Paris, trois responsables scientifiques ont rejoint le Centre d'Énergétique (CENERG) et y ont créé le groupe Télédétection & Modélisation (T&M) en 1991. T&M a apporté au CENERG son savoir-faire en matière d'intégration de données météorologiques et images satellitales. Cette association a rapidement mené à une compétence mondialement reconnue sur l'évaluation du potentiel d'énergie solaire et les outils informatiques associés. D'autres compétences de T&M ont été mises à profit pour les projets de recherche du CENERG, comme les techniques de mesure et d'analyse par imagerie et la géographie numérique.

La volonté du groupe T&M de s'intégrer au CENERG (renommé en 2004 CEP : Centre Energétique et Procédés) l'a poussé à développer des thèmes de recherche ayant un lien direct avec l'énergie, sa production et ses usages. Cette évolution a nécessité l'acquisition d'un bagage en énergétique, le développement de nouveaux thèmes de recherches, et l'arrêt d'autres comme l'étalonnage en vol de capteurs, l'océanographie et la production de logiciels d'exploitation d'images issues de satellites. L'objet de certaines recherches a été modifié, comme les travaux sur l'estimation du champ de vent pour la météorologie marine qui ont été adaptés à l'estimation de la ressource éolienne.

Entre 1992 et 2006, le groupe T&M a géré un compte ARMINES indépendant (PSTDM). Ce compte a été clôturé en excédent fin 2006. En 2004, le groupe T&M est devenu l'équipe « Observation, Modélisation, Décision » (OMD), et s'est renforcé en 2007 avec l'arrivée de Philippe Blanc en provenance de Thalès Alenia Space, puis d'Isabelle Blanc (ex-chercheur Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) en 2008.

## **Compétences**

L'équipe actuelle est composée de cinq enseignants-chercheurs permanents, d'un ingénieur de recherche, de quatre chercheurs non permanents et de trois à cinq doctorants, physiciens, mathématiciens ou informaticiens, formant un ensemble uni et s'appuyant sur :

- des disciplines scientifiques fondamentales et appliquées :
  - mathématiques : traitement de l'information, fusion d'informations, statistiques, décision,
  - métrologie : capteurs satellitaires, radiométrie, mesures de rayonnement,
  - physique : météorologie, climatologie, interactions ondes-matière (optique atmosphérique, transfert radiatif),
  - environnement : analyse de cycle de vie (ACV), comptabilité environnementale, géographie numérique,
- et sur les technologies de l'information et de la communication, notamment les services Web (applications invocables par Internet), qui forment pour l'équipe, un des principaux vecteurs de dissémination des connaissances.

Une grande habitude de travail collaboratif et des échanges permanents entre les personnes ont abouti à un *corpus* de connaissances partagées et d'approches génériques, constamment enrichis. La formalisation croissante des approches et méthodes, combinée à leurs applications à des études spécifiques, contribue, d'une part, à l'accroissement des connaissances, et, d'autre part, à l'excellence scientifique.

## **2. L'objet scientifique du Centre O.I.E.**

L'objet scientifique du Centre O.I.E. traite de l'énergie. Sa caractéristique est d'aborder les aspects temporels et spatiaux (*i.e.* géographiques) des questions posées sur les ressources en énergie renouvelable et les impacts environnementaux de la production et des usages de l'énergie. Le Centre O.I.E. développe des méthodes pour représenter mathématiquement cette réalité géographique, au moyen de l'observation, la modélisation et la décision.

Cet objet se situe plus précisément au carrefour de l'énergie, de l'environnement et de l'observation de la Terre en s'appuyant sur la diversité des compétences complémentaires des différents chercheurs, ingénieurs et doctorants qui le portent : météorologie, observation de la Terre, mathématiques appliquées, métrologie, sciences de l'information et environnement.

Les travaux du Centre O.I.E. contribuent ainsi :

- au développement de la météorologie spécifique à l'énergie pour l'évaluation et la prédiction des ressources énergétiques renouvelables (solaire, éolien),
- et à l'analyse et l'aide à la décision en termes de réduction des impacts environnementaux des transports, de la production et des usages de l'énergie.

### 3. Les activités de recherche du Centre O.I.E.

#### **Rayonnement solaire**

Les observations faites par des satellites sont traitées pour estimer le rayonnement solaire reçu au sol. Les travaux visent à améliorer la précision et la fiabilité des estimations, à enrichir les bases de données de rayonnement existantes, et à augmenter le nombre de paramètres estimés, notamment les composantes directe et diffuse ainsi que leur distribution spectrale. La disponibilité de ces estimations aide les décideurs publics à planifier le développement des filières énergétiques exploitant le rayonnement solaire, ainsi que les industriels à mieux localiser et dimensionner les centrales solaires et surveiller leur fonctionnement. Les scientifiques d'autres domaines comme l'architecture, l'agronomie, la climatologie, la météorologie, l'océanographie ou encore la santé en bénéficient également.

La famille d'algorithmes Heliosat pour l'estimation des ressources solaires à partir d'images de satellites est devenue un standard international depuis les premières publications en 1986. Le Centre O.I.E. contribue de manière importante à son développement et se concentre sur la nouvelle version : Heliosat-4, en partenariat avec le DLR<sup>1</sup>. Cette nouvelle approche représente une avancée très notable en ce qui concerne la qualité de l'évaluation et la diversité des paramètres estimés, comme les composantes spectrales directe et diffuse sur plan incliné du rayonnement solaire, utiles pour le photovoltaïque (PV), la biomasse ou encore les échanges thermiques dans les bâtiments. Le développement de Heliosat-4 entraîne de nombreuses interactions avec la communauté météorologique en ce qui concerne l'évaluation détaillée des paramètres optiques de l'atmosphère (gaz, aérosols, vapeur d'eau), des nuages, et de la réflectance du sol. L'un des résultats de ce développement a été la création du modèle McClear de prédiction du rayonnement par ciel clair pour le monde entier, à compter de 2004, co-réalisé par l'équipe OMD, le DLR allemand, l'institut météorologique finlandais, et le centre européen de prévision météorologique (ECMWF<sup>2</sup>).

Un effort est porté sur la collecte régulière des valeurs de rayonnement des divers réseaux de mesures, de même que sur le développement de modèles d'analyse et de validation de ces données *in situ*. Celles-ci permettent alors de confronter les résultats de Heliosat-4, et la qualité de ses entrées, à la réalité du terrain, ainsi que de contrôler la qualité des bases de données HelioClim, discutées ci-après.

Outre leur développement, le Centre O.I.E. effectue également l'application opérationnelle des algorithmes Heliosat afin de créer des bases de données de rayonnement solaire, appelées HelioClim. Ces bases diffèrent entre elles par les images satellitales en entrée et par le pas temporel d'observation (quart-horaire, horaire, journalier). Le nombre d'accès à ces bases de données (2 millions en 2011) démontre l'intérêt de HelioClim pour la science et l'industrie.

L'équipe a aussi réalisé des estimations de rayonnement UV (UVA, UVB) et leur cartographie dans le cadre du projet européen Eurosun mené par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), une agence de l'Organisation Mondiale de la Santé. L'analyse des différents niveaux de doses journalières en lien avec les registres de mortalité et les comportements sociaux donne aux responsables nationaux de la santé publique, les éléments des messages à diffuser sur les risques cutanés et oculaires entraînés par l'exposition au soleil. L'équipe a également contribué à des études épidémiologiques sur les risques de cancer cutané (CIRC, Institut Gustave Roussy) ou sur la sclérose en plaque (Oxford University). Ces travaux représentent une grande avancée du point de vue de la santé publique.

#### **Evaluation de la ressource éolienne**

Les satellites d'observation de la Terre offrent un accès à des informations pertinentes pour l'industrie éolienne avec des temporalités et des précisions ne pouvant pas être obtenues facilement par d'autres moyens de mesures. Nos travaux dans ce domaine visent à améliorer la connaissance et la

<sup>1</sup> Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (équivalent de l'agence spatiale allemande).

<sup>2</sup> European Center for Medium-range Weather Forecasts.

modélisation de la météorologie spécifique à l'éolien et à fournir ces informations de manière opérationnelle. Le Centre O.I.E. exploite des champs météorologiques mis à disposition par les grands centres de prévision. Elle affine leur résolution spatiale à l'aide d'un modèle numérique météorologique plus détaillé, de techniques de traitement d'images et de fusion de données, afin d'obtenir un atlas de la ressource à une résolution suffisante pour des études préliminaires d'installation de centrales éoliennes.

### ***Impacts environnementaux***

Les indicateurs de développement durable sont des outils nécessaires à toute démarche proactive d'éco-conception, à la définition de stratégies de minimisation des impacts environnementaux et à l'établissement de politiques publiques pertinentes de développement durable. Le Centre O.I.E. contribue à la définition de ces indicateurs de développement ou d'impact et à leur évaluation, en s'intéressant particulièrement aux aspects spatio-temporels.

Nos recherches explorent le concept d'analyse de cycle de vie (ACV) de filières et de produits industriels dans le domaine de l'énergie. Le Centre O.I.E. s'efforce d'y intégrer les aspects géographiques et temporels afin de générer des impacts environnementaux caractérisés spatialement et temporellement. Il s'agit d'un effort de recherche de longue haleine, qui est abordé en collaboration avec d'autres équipes en France et en Europe. Pour l'aspect géographique, notre approche consiste à intégrer, pour un système énergétique renouvelable, les ressources énergétiques (par exemple, la ressource éolienne) caractérisées géographiquement comme entrées de l'ACV. Des impacts spatialisés sont ainsi générés et nous évaluons leur qualité et le bénéfice apporté par la spatialisation. Une autre étude porte sur l'intégration de l'aspect temporel dans les inventaires de polluants et de gaz à effet de serre, à partir desquels sont calculés les impacts.

Les études d'estimation des impacts environnementaux sont généralement lourdes à mettre en œuvre. Nous travaillons à la génération de nouveaux outils plus aisés à manier, basés sur la réduction de modèles ACV. Cette réduction s'appuie sur l'analyse globale de la variabilité des paramètres définissant une filière énergétique et identifie les facteurs clés déterminants à toute prise de décision en termes de localisation ou de choix technologique.

Afin d'aider les entreprises à intégrer la composante environnementale dans leur démarche et à harmoniser les méthodes et les choix d'indicateurs environnementaux, l'équipe élabore des référentiels méthodologiques dans le domaine des ACV. Nous établissons notamment celui relatif à la filière solaire photovoltaïque à la demande de l'ADEME.

D'autres indicateurs d'impacts que ceux relatifs au changement climatique sont étudiés afin d'évaluer les effets sur la santé humaine et les écosystèmes. L'agrégation de ces indicateurs en un unique indicateur, plus facile à manier et à présenter, peut s'effectuer avec la méthode de l'empreinte écologique. Après avoir participé à la réflexion nationale sur ce dernier, le Centre O.I.E. étudie le concept de l'empreinte environnementale.

### ***Maîtrise des technologies de l'information et de la communication (TIC)***

Le Centre O.I.E. a choisi dans les années 1990 d'utiliser internet et les différentes technologies de l'information et de la communication pour diffuser ses connaissances : logiciels, bases de données, applications, avec pour objectif d'accroître le nombre d'utilisateurs, scientifiques et/ou industriels des connaissances. Le service SoDa, lancé en 2002 par l'équipe, est une plate-forme collaborative dédiée au rayonnement solaire, et offre de manière uniforme un accès à diverses applications et bases de données fournies par l'équipe et d'autres instituts et sociétés dans le monde. Ce service assure une interopérabilité des données et des applications, et en facilite l'accès. Le service SoDa est géré par Transvalor depuis 2009. On comptait environ 40 000 utilisateurs en 2010. L'équipe continue à diffuser ses connaissances liées au rayonnement solaire au travers du service SoDa.

Afin d'assurer la pérennité du service SoDa, l'équipe affine sa maîtrise des outils les plus récents dans le domaine des services Web et de leur composition ou chaînage. Une plate-forme thématique a été créée pour héberger les services Web de l'équipe, ainsi qu'un service du DLR. Cet effort est mené

dans le cadre d'activités internationales chapeautées par l'Agence Internationale pour l'Energie, le GEO<sup>3</sup> et l'OGC<sup>4</sup>.

Ces outils sont aussi exploités pour l'éolien et pour les performances environnementales. Deux bases de données mondiales, l'une sur l'altitude, l'autre sur la rugosité aérodynamique, et répondant aux spécificités de l'énergie éolienne, ont été créées et mises à la disposition des consultants et ingénieurs au moyen du serveur Web DataForWind (plus de 4000 utilisateurs en 2011). La cartographie de l'empreinte carbone et autres impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques implantés en Europe peut être consultée et exploitée au travers de services Web. Un service Web de calcul de performances environnementales d'éoliennes *offshore* implantées en Europe du Nord est en cours de mise au point.

## 4. Les activités d'enseignement du Centre O.I.E.

Le Centre O.I.E. contribue à la formation et à l'enseignement sous différentes formes :

- Cours dans le cadre du PESTO "Energie" (Programme d'Enseignement Scientifique et Technique d'Ouverture, accessible en 1ère et 2ème année du cycle du Corps des Mines) et encadrement d'élèves.
- Encadrement d'élèves du cycle Ingénieurs Civils, option « Machines et Energie ».
- Semaine européenne ParisTech ATHENS sur la programmation en C++ (env. 40 élèves, B. Gschwind).
- Contribution à la semaine ATHENS sur le photovoltaïque avec une session ACV (I. Blanc).
- Responsabilité des spécialités doctorales « Energétique », « Génie des Procédés », et « Energétique et Procédés » (L. Wald, 2005-2012).
- Enseignements au sein des Mastères Spécialisés (post-Master) ALEF et EnR (éolien, solaire, ACV), et des Masters ParisTech SE (Stratégies Energétiques) et REST (Sciences et Technologies des Energies Renouvelables).
- Module « Impacts environnementaux » d'une semaine dans le cadre du Mastère Spécialisé ALEF (I. Blanc).
- Encadrement d'étudiants ALEF et EnR dans le cadre de leur mission de recherche.
- Enseignement pour le cycle Ingénieur de Chimie ParisTech, spécialité « Energies renouvelables ».
- Mise en ligne d'un module « Environnement atmosphérique » sur le site de l'Université Virtuelle Environnement et Développement durable (UVED).
- Formation continue (séminaires courts « à la carte »).

---

<sup>3</sup> Le GEO est un partenariat basé sur le volontariat et regroupe 88 pays et la Commission Européenne, ainsi que 64 organisations inter-gouvernementales, internationales et régionales. Il coordonne les efforts pour l'établissement du système global des systèmes d'observation de la Terre (Global Earth Observation System of Systems : GEOSS) et a été initié par le G8 en 2002. GEO construit GEOSS sur la base d'un plan d'implémentation sur 10 ans pour la période 2005-2015. Ce plan définit la vision pour GEOSS, ses objectifs, les bénéfices attendus et traite neuf domaines sociétaux : les désastres, la santé, l'énergie, le climat, l'eau, le temps, les écosystèmes, l'agriculture et la biodiversité.

<sup>4</sup> Open GeoSpatial Consortium est un consortium international de 448 compagnies, agences gouvernementales et universités participant à un développement consensuel de standards notamment dans le domaine de l'information géo-localisée. MINES ParisTech est membre de l'OGC depuis 2010.

## 5. Les partenariats académiques et industriels

Comme toute équipe de recherche de MINES ParisTech, le Centre O.I.E. participe à des réseaux de chercheurs aux niveaux national : Association ECO-SD<sup>5</sup>, et international : Agence Internationale pour l'Energie (AIE), International Renewable Energies Agency (IRENA), GEO, OGC, et IEEE.

La participation au Group on Earth Observations (GEO – Initiative du G8) mérite une mention particulière. L'équipe est présente dans divers comités et fait entendre la voix de la communauté internationale des énergéticiens. Réciproquement, l'équipe est chargée de diffuser dans cette communauté, les technologies Web recommandées par le GEO.

Deux accords de coopération scientifique ont été signés en 2011 et 2012 par MINES ParisTech à l'initiative du centre O.I.E.. L'un concerne le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement et l'Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles (IRESEN) du Maroc. L'autre a été signé avec le Masdar Institute of Science and Technology à Abu Dhabi sous l'égide de l'Ambassade de France, et entre dans la stratégie de la participation de la France à l'IRENA.

### **Recherche partenariale**

La recherche pratiquée dans les centres de recherche de MINES ParisTech, spécifique à l'Ecole, est une recherche partenariale, dite aussi "orientée" vers l'industrie. Elle est basée sur les échanges entre chercheurs et industriels ; elle n'est ni fondamentale ni compétitive mais «partenariale ». Elle conduit à une culture originale où la démarche scientifique est confrontée à la dimension industrielle. L'expérience montre que cette forme de recherche contribue à la fois à l'élévation du niveau technologique et à la progression des chercheurs dans leur discipline. C'est aussi le moteur de la formation par la recherche, avec comme conséquence un flux annuel important de jeunes chercheurs qui se tournent vers l'industrie, vecteur essentiel du « transfert » de la connaissance et du savoir-faire.

La recherche au sein du Centre O.I.E. s'appuie naturellement sur ce modèle de recherche.

Dans le cadre de ses activités, la convention MACC-II<sup>6</sup> avec la Commission Européenne mérite une attention particulière notamment par la recherche structurante qu'elle représente pour le Centre. Il s'agit d'un des plus gros projets de recherche de la Commission dans le cadre du programme GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Sous la coordination du centre européen de prévision météorologique (ECMWF), il prépare la mise en place, dès 2015 et pour plusieurs années, d'un service opérationnel fournissant quotidiennement des informations sur la qualité de l'air, la composition chimique de l'atmosphère, le rayonnement solaire total et ultraviolet. Le Centre O.I.E. aura en charge l'estimation du rayonnement solaire, en collaboration avec ECMWF et le DLR. Comme pour le projet HelioClim, l'équipe assure le développement scientifique des algorithmes tandis que Transvalor s'occupe de tous les aspects opérationnels et des relations avec les utilisateurs, payants ou non. La Commission fournira les ressources financières comprenant le salaire de deux ingénieurs de recherche à plein temps pour améliorer la qualité de l'évaluation de la ressource solaire et assurer la mise à disposition des données de rayonnement ainsi qu'une sous-traitance à Transvalor pour les aspects opérationnels (« data center »).

Les financeurs institutionnels principaux du Centre O.I.E. sont l'ADEME et la Commission Européenne (DG Entreprise, DG Recherche & Innovation). Parmi les industriels de l'énergie solaire supportant la recherche de l'équipe, Total et EDF sont actuellement des partenaires privilégiés.

---

<sup>5</sup> MINES ParisTech est Membre fondateur de EcoSD en 2012. L'Association EcoSD (Réseau de chercheurs en Eco-conception de Systèmes pour un Développement durable) est un réseau de chercheurs qui compte aujourd'hui plus de 80 enseignants-chercheurs issus de 18 structures académiques (Supmeca, INPG, UTT, ECP, MINES ParisTech, EMSE, Ensam, INSA Strasbourg, ENSIAME, ESTIA, UTC, Université de la Méditerranée, IRIAF & Institut P', IRCCyN, Uté Bordeaux 4, Cémagref, Uté Franche Comté / Mec'Appli, IFSTTAR), 50 doctorants et 30 industriels. Ce réseau est par ailleurs supporté par les institutions (ADEME, MEDDTL...)

<sup>6</sup> Monitoring Atmospheric Composition and Climate - Interim Implementation

## 6. Organisation et gouvernance du Centre O.I.E.

### **Organisation**

Les activités du Centre O.I.E. sont organisées autour de deux thématiques principales :

- l'évaluation des ressources énergétiques renouvelables (solaire et éolien),
- l'évaluation des impacts environnementaux de la production et des usages de l'énergie.

Les membres du Centre mettent à disposition leurs compétences dans le cadre de ces activités et contribuent à l'ensemble des actions du Centre. De fait, l'organisation de la recherche, des activités contractuelles et d'enseignement est sous une forme matricielle. L'initiative individuelle est encouragée : chacun peut proposer des projets, y participer et les gérer.

Chaque activité est supervisée par un responsable, qui a en charge l'organisation des actions et la mise en œuvre du projet scientifique. Il est nommé par le directeur du Centre après consultation du conseil de Centre pour une durée de deux ans.

Les aspects administratifs et financiers des activités du Centre devraient être traités par un responsable administratif et financier. Une demande a été faite en ce sens à l'Ecole. Dans l'attente d'une décision favorable, les personnels du Centre se sont accordés pour traiter ces aspects de manière collective et satisfaisante pour l'Ecole et ARMINES sous la coordination du directeur du Centre.

### **Gouvernance**

L'ensemble des membres du Centre, y compris les doctorants et stagiaires rémunérés, se réunit de manière mensuelle au sein d'un conseil de Centre. Ce conseil a un rôle d'information pour tous les personnels et un rôle consultatif vis-à-vis des décisions ayant un impact sur le projet scientifique et sur le fonctionnement du Centre. Il peut être saisi par le directeur du Centre et par ses membres de toute question ayant trait à la vie du centre. Un relevé de conclusions est rédigé en séance, fait l'objet d'une approbation des personnes présentes à la réunion et est diffusé à l'ensemble du personnel.

Les décisions se préparent de manière collégiale, dans la mesure du possible, au sein du conseil de Centre. Cependant, le directeur du Centre reste seul décisionnaire sur toute question relative au fonctionnement du Centre. Il est l'interlocuteur de la direction de l'Ecole et de la direction d'ARMINES.

## 7. Perspectives

### **Recherche**

Les efforts sur les thèmes de recherche actuellement traités au sein de l'équipe seront poursuivis.

Nous exploiterons les progrès attendus des moyens d'observation de la Terre dans la connaissance des paramètres optiques de l'atmosphère pour améliorer les estimations du rayonnement solaire. De nouvelles bases de données seront ainsi créées dans le cadre des programmes de recherche européens GMES-MACC et MACC-II. Nous poursuivrons les travaux sur le modèle McClear et la méthode Heliosat-4 jusqu'à obtenir une caractérisation complète de leurs qualités et défauts, et établir des modèles d'incertitude des estimations. Nous aborderons également la modélisation de la distribution spectrale du rayonnement solaire. L'exploitation quotidienne de McClear et Heliosat-4 fera surgir de nouveaux défis scientifiques relatifs à l'estimation de l'éclairement solaire, des paramètres optiques de l'atmosphère claire et ceux des nuages. Les réponses seront intégrées dans les versions ultérieures de McClear et Heliosat-4.

Nous élargirons cette activité d'estimation du rayonnement solaire à la prévision, ainsi qu'à la quantification spatiale et temporelle des phénomènes d'intermittence. Tout en poursuivant nos efforts en santé publique avec les chercheurs de ce domaine et la météorologie finlandaise, nous aborderons d'autres domaines d'applications avec des estimations aux échelles de la ville et du bâtiment. Nous développerons des méthodes de cartographie de données météorologiques complémentaires (température de l'air, humidité relative, vitesse et direction du vent) utiles pour la modélisation de la prédiction de production des moyens de conversion de l'énergie solaire.

Grâce à l'appel d'offres émis par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations PV, des programmes de R&D et des conventions de collecte de données météorologiques et de production des centrales ont été établis avec plusieurs sociétés et soutiendront nos activités.

En profitant de l'expérience acquise dans les domaines de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne, nous développerons la recherche sur l'utilisation des données d'observation de la Terre, au sens de GEOSS (c'est-à-dire incluant les mesures *in-situ*, les données satellitaires, les modèles, mais aussi la mise en relation et la transmission des données et l'interopérabilité des systèmes d'information), afin d'accroître la connaissance sur les ressources énergétiques renouvelables et leurs impacts environnementaux. Ainsi, nous explorerons le potentiel des données d'observation de la Terre pour l'énergie des océans, la géothermie et la biomasse, et l'utilisation des modèles météorologiques pour des applications relatives à l'énergie. La mise en place d'une chaire d'enseignement et de recherche s'inscrivant dans le cadre de GEOSS et du domaine sociétal Energie facilitera cet élargissement et la diffusion de nos connaissances dans le monde académique et industriel.

Nous poursuivrons la définition d'un cadre conceptuel pour l'évaluation des impacts environnementaux, qui pourrait servir de référence dans le domaine environnemental. Outre les aspects spatiaux et temporels, nous y intégrerons des données relatives à la population (densité, revenus, ...), au développement économique actuel et à venir (PIB, niveau d'importations / exportations, évolution des secteurs industriels et des filières énergétiques, ...) et aux réglementations nationales et internationales actuelles et à venir (Protocole de Kyoto, taxes environnementales européennes, ...). L'évaluation de l'incertitude associée aux impacts sera aussi au cœur de notre recherche. Nous espérons fournir de nouveaux indicateurs objectifs de comptabilité environnementale et contribuer au débat technique et sociétal que fait émerger le développement croissant des filières énergétiques renouvelables notamment dans les bouquets énergétiques de production électrique.

Le développement de ce cadre conceptuel pourra se traduire par la mise en place d'une chaire d'enseignement et de recherche dans une perspective « Energie Durable » en partenariat avec des institutions académiques internationales telles que l'université de Tsinghua à Pékin et/ou le CIRAIQ à Montréal. Celle-ci permettrait d'apporter des solutions aux mondes industriel et institutionnel pour définir des stratégies de minimisation des impacts environnementaux de la production et des usages de l'énergie et de les diffuser.

## **Enseignement**

La contribution du Centre O.I.E. à l'enseignement au sein de l'Ecole se poursuivra comme décrit précédemment, à l'exception de la responsabilité des spécialités doctorales. Cette contribution s'enrichira par :

- la proposition d'une semaine européenne ATHENS sur les ACV,
- la chaire d'enseignement et de recherche GEOSS,
- la chaire d'enseignement et de recherche Energie Durable.

-oOo-