

Compte-rendu de la réunion INTRO du

Lundi 31 janvier 2024

<https://orsay.bbb.cnrs.fr/b/men-2uf-tyb-jrz>

Ordre du jour:

- Vérification de l'organigramme
- Nouvelle page web à maintenir
- Proposition de nouvelles pour le site web du LMD
- Calendrier des présentations à venir
- Présentation d'avancement du travail de T.Dubos à la session Dephy aux AMA
- Point sur la prospective (S.Mailler, L.Menut)

1 Mise à jour de l'organigramme et de la page web

L'organigramme a été repris du document de Sylvain, qui avait été mis à jour pour le document de l'HCERES. Il y avait une erreur sur l'organigramme. Cela a été corrigé sur le document écrit et sur la page web.

Equipe INTRO du LMD

Responsable: Laurent Menut (DR CNRS)

Modélisation régionale et Cycle de l'eau

Resp. scientifique:

Jan Polcher (DR CNRS)

Resp. Technique:

Romain Pennel (IR
Polytechnique)

C/EC permanents

Philippe Drobinski (DR CNRS)
Sylvain Mailler (IPEF ENPC)
Thomas Dubos (Pr
Polytechnique)

ITA permanents

Patryk Kiepas (IR
Polytechnique)

Non permanents

Julie André (Doc)
Laure Baratgin (Doc)
Julie Collignan (Post-doc)
Juan Pablo Sierra (Post-Doc)
Douglas Keller (Post-Doc)

Modélisation régionale du système énergétique

Resp. scientifique:

Alexis Tantet (MdC
Polytechnique)

C/EC permanents

Philippe Drobinski (DR CNRS)
Jan Polcher (DR CNRS)

Non permanents

Qiqi Tao (Doc)
Laure Baratgin (Doc)
Joan Delort (Doc)
Samouro Dansokho (Doc)
Ganglin Tian (Doc)
Lia Rapella (Doc)
Camille Le Coz (Post-Doc)

Modélisation régionale:

Composition de l'atmosphère

Resp. scientifique:

Laurent Menut (DR CNRS)

Formation :

Myrto Valari (CNAP)

Resp. technique:

Arineh Cholakian (IE CNRS)

C/EC permanents

Sylvain Mailler (IPEF ENPC)

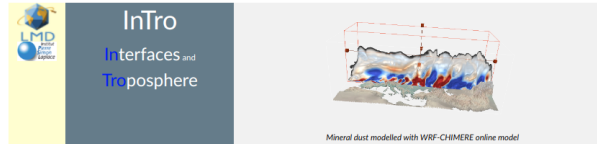
ITA permanents

Romain Pennel (IR
Polytechnique)

Non permanents

Alexis Squarcioni (Doc)
Léo Adenis (Post-Doc)
Sanhita Ghosh (Post-Doc)

La page web de l'équipe a été mise à jour. Elle est à maintenir. Le logo de l'IPSL va être remplacé. Notamment les pages donnant les documents des manuscrits de thèse et rapports de stage de Master est à compléter. L'organigramme est reporté dans les trois boîtes thématiques.



Research topics

The team is coordinated by Laurent Menut. Members of the InTro group study the physical and chemical properties of the troposphere and its interfaces. Our scientific interests include:

<p>Regional climate and water cycle</p> <p>Study of the Water cycle in InTro is focused on the Mediterranean region, in the framework of international initiatives HyMex and MedCORDEX, but also in the basins of the major Chinese rivers. In the Mediterranean area, studies of the hydrological cycle and hydrological extremes (extreme precipitation, dry spells) has relied in part on the RegPSL regional coupled modelisation platform, under development in the InTro team in collaboration with other IPSL teams. Scientific focuses in the team include interactions between aerosols and precipitation, studying the runoff of major hydrologic basin including major Chinese rivers for which anthropogenic use of the water is critical. Study of the regional water cycle is one of the strong reasons why the InTro team is currently strongly involved in the development of the RegPSL regional coupled model.</p> <p>Scientific coordinator: Jan Polcher (DR CNRS)</p> <p>Technical coordinator: Romain Perraud (IR Polytechnique)</p> <p>C/EC permanent: Philippe Drobinski (DR CNRS) Sylvain Mailler (IPEF ENPC) Thomas Dubos (Pr Polytechnique)</p> <p>ITA permanent: Patrik Kiepas (IR Polytechnique)</p> <p>Non permanent: Julie Collignan (Post-doc) Julie André (Doc) Laure Baratgin (Doc) Ganglin Tian (Doc) Juan Pablo Sierra (Post-Doc) Douglas Keller (Post-Doc)</p>	<p>Impact of climate on renewable energies</p> <p>The InTro team also contributes to interdisciplinary work at the interface between atmospheric and climate sciences and energy economics and engineering. A first line of research of the team in this field deals with the potential, predictability and value of the Variable Renewable Energy (VRE, mainly wind and solar) resource. It involves understanding the variability and trends of the VRE potential in association to dynamical and thermodynamical processes at scales ranging from the boundary layer to the planet; reexamining the statistical modelling of instant VRE value; improving sub-seasonal to seasonal prevision of VRE by combining dynamical and statistical models and estimating the economic value of such previsions. A second line of research is concerned with the long-term increase in the sensitivity of the energy system to meteorological conditions associated with increasing VRE penetration and with rising demand thermosensitivity due to electrification. These activities are underpinned by interdisciplinary collaborations within the EnergyClimate center.</p> <p>Scientific coordinator: Alexis Tantet (M4C Polytechnique)</p> <p>C/EC permanent: Philippe Drobinski (DR CNRS) Jan Polcher (DR CNRS)</p> <p>Non permanent: Qiqi Tao (Doc) Laure Baratgin (Doc) Joan Delort (Doc) Samouro Dansokho (Doc) Ganglin Tian (Doc) Liu Rapela (Doc) Camille Le Coz (Post-Doc)</p>	<p>Chemistry-transport from urban to hemispheric scales</p> <p>The study of the atmospheric composition is an important research topic in the InTro team. In particular, the team coordinates the development of the CHIMERE chemistry-transport model, which is largely used in France and abroad for research and operational air quality simulations, including the French and European forecast platforms PreVAir and CAMS. The main topics of research in this field include wildfire emissions with the development of the simon-cams code, mineral dust emissions from arid areas and their subsequent transport, the transport of volcanic plumes as well as the development of downscaling techniques to address urban scale atmospheric pollution and population exposure with the EXPLUME model.</p> <p>Scientific coordinator: Laurent Menut (DR CNRS)</p> <p>Training: Myrto Valari (CNAP)</p> <p>Technical coordinator: Arinsh Choudhary (IE CNRS)</p> <p>C/EC permanent: Sylvain Mailler (IPEF ENPC)</p> <p>ITA permanent: Romain Perraud (IR Polytechnique)</p> <p>Non permanent: Alexis Squariconi (Doc) Léo Adenis (Post-Doc) Sanhita Ghosh (Post-Doc)</p>
--	--	---

Models developments

2 Proposition de nouvelles pour le site web du LMD

Laure présentera les nouvelles de l'équipe Jeudi 1er février devant le groupe communication. Elle dispose de 4 nouvelles donc le quota est rempli. Il faut cependant penser dès maintenant à en écrire de nouvelles pour la prochaine échéance.

3 Présentations d'équipe:

Les présentations faites ces dernières années:

Novembre 2021	Patrik Kiepas	Travaux antérieurs sur la compilation
Février 2022	Thomas Dubos	IA et climat
Mars 2022	Camille Le Coz	Travail en cours
Avril 2022	Julie André	Evolution des distributions de précipitation
	Mariel Opazo (visite)	Corrélations Covid qualité de l'air au Chili
	Joan Parra	Présentation d'un article de synthèse
Octobre 2022	Qiqi Tao	Demande d'électricité
Novembre 2022	Camille Le Coz	Amélioration prévisions avec des ensembles
Décembre 2022	Ganglin Tian	Prévision énergies renouvelables
	Mariam Kadkhodei	Economie de l'énergie (LMD/CIRAD)
	Juan Pablo Sierra	Simulations hydrologiques en France
Janvier 2023	Jan Polcher, Julie Collignan	Modélisation surface kilométrique
Février 2023	Léo Adenis	Transport de radionucléides
Mars 2023	Sylvain Mailler	Schémas d'advection dans les CTMs
Mai 2023	Samouro Dansokho	Réponse du système électrique
Septembre 2023	Camille Le Coz, Alexis Tantet	Climactions
Octobre 2023	Sanhita Ghosh	projet Escalair et émissions des éclairs
	Sylvain Mailler	Vitesse de chute des aérosols
Décembre 2023	Ganglin Tian	CNN downscaling to improve sub-seasonal wind-speed predictions in Europe

Les prochains séminaires seront:

- Février 2024: Laurent Menut
- Mars 2024: Joan Parra

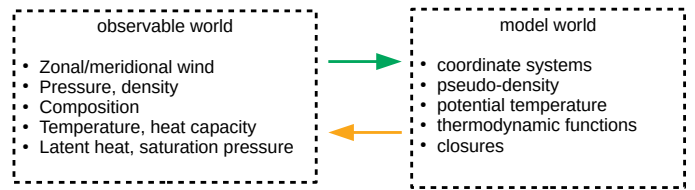
4 Le séminaire de Thomas Dubos

Thermodynamic invariance of (un)averaged models of geophysical fluid motion

Thomas Dubos
 Laboratoire de Météorologie Dynamique - IPSL
 École Polytechnique – Institut Polytechnique Paris

<https://arxiv.org/abs/2311.14564>
 submitted to Q.J.R.M.S

Invariance

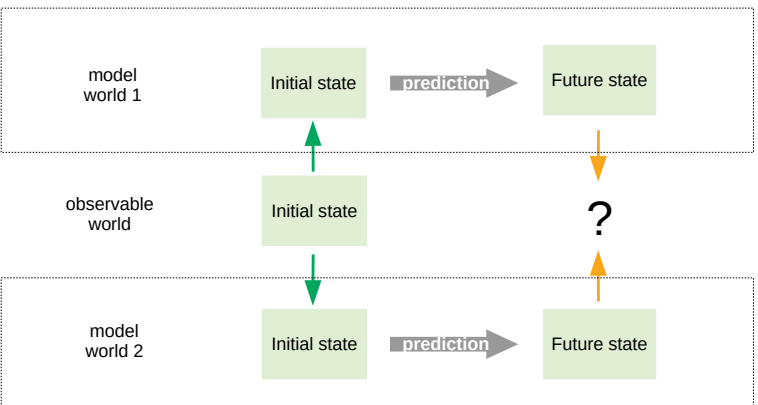


degrees of **arbitrariness** ?

$$\theta = T \left(\frac{p}{p_0} \right)^{R_a/C_p^d}$$



Invariance



Invariance of down-gradient closures

- Mean potential temperature budget, single-column « physics »
- Assume constant density (e.g. anelastic), down-gradient closures for simplicity

$$\rho \frac{D\theta}{Dt} = \frac{\partial}{\partial z} \rho K_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \qquad \rho \frac{Dq_a}{Dt} = \frac{\partial}{\partial z} \rho K_z \frac{\partial q_a}{\partial z}$$

- Is this model invariant ? Is predicted temperature independent from the reference pressure ?

$$\delta \theta = \frac{\partial}{\partial p_0} \theta(p, T, q_a, p_0) \delta p_0 = \beta(p_0, \theta, q_a) \delta p_0$$

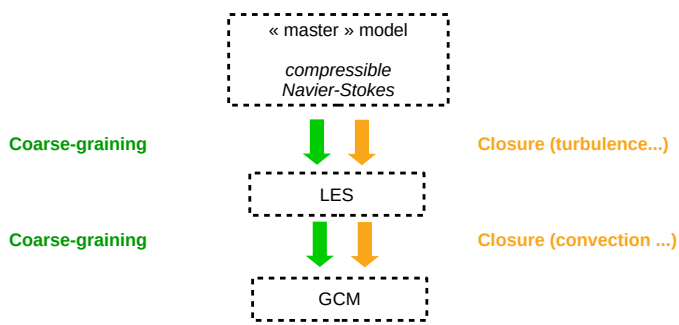
$$\Rightarrow \delta \left(\rho \frac{D\theta}{Dt} - \frac{\partial}{\partial z} \rho K_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) = \Gamma \delta p_0$$

$$\Gamma = -\rho K_z \left[\frac{\partial^2 \beta}{\partial \theta^2} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^2 + 2 \frac{\partial^2 \beta}{\partial \theta \partial q_a} \frac{\partial \theta}{\partial z} \frac{\partial q_a}{\partial z} + \frac{\partial^2 \beta}{\partial q_a \partial q_b} \frac{\partial q_a}{\partial z} \frac{\partial q_b}{\partial z} \right]$$

Invariance
 <=> zero Γ
 <=> linear β

$\frac{\delta \theta}{\theta} = \frac{R}{C_p} \frac{\delta p_0}{p_0}$ ← depends on composition !
 Non-linear β => invariance is violated

From « master » to coarse-grain models



Questions

- Systematic procedure to identify *thermodynamic invariance*
- Thermodynamic invariance of the Navier-Stokes equations
- Are moist conservative variables *invariant* ?
- How about their gradient and fluxes ? flux-gradient relationships / down-gradient closures ?
- Systematic way to ensure invariant down-gradient closures ?
- Implications

Method to identify thermodynamic invariance ?

« Theorem » : any thermodynamic function can be expressed from the Gibbs free energy and its derivatives (see e.g. Thuburn, QJRMS 2017) ...

$$G(p, T, m_a) = G^*(p, T, m_a) + \underbrace{\delta G(p, T, m_a)}_{\text{« degrees of arbitrariness »}}$$

Gibbs function that yields **identical predictions** ? Gibbs function consistent with all observations

$$\Rightarrow \delta X \equiv X - X^* \quad \text{invariant} \Leftrightarrow \delta X = 0$$

Variation of X that leaves predictions **unchanged** deduced from G^*

The Navier-Stokes model

(see e.g. de Groot & Mazur, 1962)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho_a}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_a \mathbf{u} + \mathbf{j}_a) &= 0 \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) &= 0 \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \nabla \cdot (S \mathbf{u} + s^a \mathbf{j}_a) + \nabla \cdot \mathbf{j}'_s &= P_s \\ \frac{D\mathbf{u}}{Dt} + \frac{1}{\rho} \nabla p &= -\nabla \Phi + \frac{1}{\rho} \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{j}'_s &\equiv \mathbf{j}_s - s^a \mathbf{j}_a \\ \nabla_T g^a &\equiv \nabla g^a + s^a \nabla T \\ \text{Isothermal gradient} & \\ \text{invariant} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \nabla \mathbf{u} : \boldsymbol{\tau} \\ TP_s &= \varepsilon - \mathbf{j}'_s \cdot \nabla T - \mathbf{j}_a \cdot \nabla_T g^a \end{aligned}$$

chemical potentials

Predictions of the Navier-Stokes model are invariant w.r.t to **arbitrary changes of reference enthalpies and entropies**

The Navier-Stokes model + phase change

(see e.g. de Groot & Mazur, 1962)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho_a}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_a \mathbf{u} + \mathbf{j}_a) &= P_a \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) &= 0 \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \nabla \cdot (S \mathbf{u} + s^a \mathbf{j}_a) + \nabla \cdot \mathbf{j}'_s &= P_s \\ \frac{D\mathbf{u}}{Dt} + \frac{1}{\rho} \nabla p &= -\nabla \Phi + \frac{1}{\rho} \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{j}'_s &\equiv \mathbf{j}_s - s^a \mathbf{j}_a \\ \nabla_T g^a &\equiv \nabla g^a + s^a \nabla T \\ \text{Isothermal gradient} &\text{invariant} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \nabla \mathbf{u} : \boldsymbol{\tau} \\ TP_s &= \varepsilon - \mathbf{j}'_s \cdot \nabla T - \mathbf{j}_a \cdot \nabla_T g^a - P_a g^a \end{aligned}$$

chemical potentials

(Depends only on differences between chemical potentials of components involved in phase change)

Predictions of the Navier-Stokes model with phase change are invariant w.r.t to arbitrary changes of reference enthalpies and entropies, restricted only by phase change

Invariance of down-gradient closures

- Mean entropy budget, signe-column « physics »
- Assume constant density (e.g. anelastic) for simplicity

$$\rho \frac{Ds}{Dt} + \frac{\partial}{\partial z} (\rho s' w') = P_s$$

- Now define **invariant reduced fluxes and gradients** :

$$\begin{aligned} J_a &\equiv \rho q'_a w' & J'_s &\equiv J_s - s^a J_a \\ J_s &\equiv \rho s' w' & \tilde{\nabla}_s &\equiv \nabla s - s^a \nabla q_a \end{aligned}$$

- Relate these invariant quantities by a down-gradient closure :

$$\rho \frac{Ds}{Dt} + \frac{\partial}{\partial z} (\rho s^a q'_a w') = \frac{\partial}{\partial z} \rho K_z \left(\frac{\partial s}{\partial z} - s^a \frac{\partial q_a}{\partial z} \right) + P_s$$

- This model is *invariant by design*, for any closure of turbulent diffusive fluxes

Invariance of moist conservative variables

- potential temperature(s) : invariance \Leftrightarrow linear β

$$\delta \theta = \frac{\partial}{\partial p_0} \theta(p, T, q_a, p_0) \delta p_0 = \beta(p_0, \theta, q_a) \delta p_0$$

- Is entropy any better ?

(specific) entropy is *not* invariant $\delta s = (1 - q_w) \delta s^d + q_w \delta s^w$

\Rightarrow neither *entropy potential temperature* (Marquet & Stevens, 2022)

$$s = s_0^d + c_p^d \ln \frac{\theta_s}{T_0} \Rightarrow \frac{\delta \theta_s}{\theta_s} = q_w \frac{\delta s^w - \delta s^d}{c_p^d}$$

$$\delta \theta_s = \beta(\theta_s, q_a) (\delta s^w - \delta s^d) \quad \text{nonlinear } \beta \Rightarrow \text{invariance violated}$$

Down-gradient closures for *moist conservative variables* violate, in general, thermodynamic invariance

Invariance of down-gradient closures

- Now assume also down-gradient closures for composition, **with the same diffusivity**

$$\rho \frac{Dq_a}{Dt} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho K_z \frac{\partial q_a}{\partial z} \right)$$

- In this case we recover a classical down-gradient closure for entropy ...

$$\rho \frac{Ds}{Dt} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho K_z \frac{\partial s}{\partial z} \right) + P_s$$

- And for potential temperature ...

$$\rho \frac{D\theta}{Dt} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho K_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + P_\theta$$

- But with a significant difference : a **production term** which restores thermodynamic invariance

Take-home

- > the Navier-Stokes equations have **thermodynamic degrees of arbitrariness**
- > **non-invariant quantities and relationships can still yield an invariant model**
- > moist conservative variables are **not invariant**
- > **neither** are their gradient and fluxes, flux-gradient relationships / down-gradient closures
- > **systematic way to ensure invariant down-gradient closures**
- > Implications
 - **is your model invariant ?**
 - **source terms matter**, at least in theory
 - data-driven closures : learn only from/to invariant quantities ?
- > Non-local closures ?

5 Point sur la prospective

- Le bilan et la prospective ont été faits sous la forme d’une “auto-évaluation”
- Pour le bilan (2017-2022), 4 axes scientifiques:
 - Climat régional et cycle de l’eau
 - Chimie-transport aux échelles urbaine à hémisphérique
 - Utilisation et gestion des ressources énergétiques
 - Approfondissement des capacités de modélisation
- La prospective couvre la période 2023-2028.

Le rapport de bilan était composé de 4 boîtes SWOT:

5.1 Domaine 1: Profil, ressources et organisation de l’équipe

Forces L’équipe INTRO aborde des sujets de recherche variés, abordant tous les compartiments physiques à l’échelle régionale. Sur chacun de ces sujets, l’équipe développe ses propres outils numériques, et peut donc y inclure de nouveaux processus.	Faiblesses La thématique énergies est en fort essor avec de nombreux projets et possibilités de thèses, mais la disponibilité des personnels sur cette thématique a atteint ses limites. De façon plus générale, l’équipe a un fort travail de développement, distribution et maintenance d’outils qui, avec un personnel limité, est en concurrence avec l’activité scientifique proprement dite.
Opportunités Les sujets de recherche de l’équipe sont au cœur de préoccupations croissantes sur les ressources en eau et en énergie et sur la qualité de l’air.	Menaces Pour continuer à développer la thématique énergies, l’arrivée de nouveaux personnels permanents (scientifique et ITA) est nécessaire. Au vu du nombre et de la complexité des modèles développés, il existe un risque que certains de ces outils ne puissent plus être maintenus. Pour garantir la qualité technique et la pérennité des outils, l’équipe manque encore de personnels ITA permanents spécialistes en calcul scientifique.

5.2 Domaine 2: Attractivité

Forces L’équipe participe au développement de modèles numériques dont elle est parfois le cœur (CHIMERE, DYNAMICO). Le modèle CHIMERE est reconnu nationalement et internationalement et très largement utilisé au delà de l’équipe. Le cœur DYNAMICO émerge comme un outil majeur des prochaines simulations climatiques de l’IPSL, mais aussi un outil pour les études de planétologie. La participation à des projets européens, voire leur coordination (projet AWACA) fournit un cadre de collaborations avec des équipes françaises, européennes et internationales.monde	Faiblesses À l’exception du financement récurrent du modèle CHIMERE par l’INSU (8k€ par an), le développement de modèles numériques n’est souvent vu que comme un à côté par les agences de financement, il est donc difficile de recruter des personnels en CDD pour du développement de modèle. Il est par ailleurs difficile de trouver des candidats compétents en informatique aux conditions salariales de la recherche publique. La thématique des énergies renouvelables est dynamique et porteuse mais manque de personnels permanents, ingénieurs comme chercheurs.
Opportunités Le projet AWACA battra son plein au cours du prochain quinquennat.	Menaces La non titularisation de Patryk Kiepas, IR actuellement en CDD sur le développement du modèle DYNAMICO serait un coup dur pour l’équipe, mais aussi pour les futures simulations climatiques de l’IPSL.

5.3 Domaine 3: Production scientifique

<p>Forces L'équipe produit des résultats de recherche dans des domaines variés mais avec une échelle commune, l'échelle régionale (qui la caractérise largement au sein du laboratoire), échelle qui permet d'être proche des applications, en termes d'hydrologie, d'énergies et de qualité de l'air.</p>	<p>Faiblesses La grande diversité des publications fait apparaître un risque d'évolution centrifuge de l'équipe. Dans ce contexte, le rôle fédérateur des outils de modélisation climatique régionale largement utilisés dans toute l'équipe est un ciment important, qui repose en particulier sur les deux ITA de l'équipe.</p>
<p>Opportunités Les enjeux autour des questions énergétiques sont de plus en plus aigus, ce qui représente une opportunité pour l'équipe comme pour le LMD dans son ensemble. De façon plus générale, les enjeux environnementaux sont également une préoccupation de plus en plus importante (qualité de l'air, ressource en eau).</p>	<p>Menaces Le développement de modèles numériques est un axe important pour la cohésion de l'équipe et un axe scientifique en tant que tel, reconnu internationalement par l'existence de revues dédiées dans lesquelles l'équipe publie beaucoup, mais cet axe est fragilisé par la difficulté à obtenir des financements pour développer ces outils. Les agences veulent financer de la recherche fondamentale ou appliquée, mais le développement des outils numériques eux-mêmes est souvent un angle mort.</p>

5.4 Domaine 4: Inscription des activités de recherche dans la société

<p>Forces L'équipe intervient sur des thématiques de recherche qui éveillent l'intérêt du grand public (qualité de l'air, énergies renouvelable, ressources en eau...). Interaction avec les enjeux économiques autour de l'énergie et des ressources.</p>	<p>Faiblesses Peu d'intervention médias hors Philippe Drobinski (directeur du LMD).</p>
<p>Opportunités Intérêt public croissant autour des questions d'énergie et de ressources</p>	<p>Menaces</p>

- Document de prospective simple, uniquement une page
- Thèmes abordés:
 - Des modèles conçus pour connecter la grande échelle et les échelles régionales et urbaines
 - * Implémentation de maillages non structurés
 - Comprendre l'anthropisation du système climatique
 - * Ajout usages de l'eau dans ORCHIDEE (irrigation, hydroélectricité)
 - * Couplages météorologie / composition atmosphérique, zones urbaines et changement climatique
 - * Consommation et production d'énergie

5.5 Structuration de la prospective:

- Trois thèmes: Energies renouvelables, cycle de l'eau, composition atmosphérique
- Thèmes assez éloignés, mais point commun: l'échelle régionale
- Nécessité de créer plus de lien?
- Par un outil de modélisation? une zone atelier? des périodes d'étude?