



**HAL**  
open science

## LIED - Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LIED - Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain. 2013, Université Paris Diderot - Paris 7, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02031843

**HAL Id: hceres-02031843**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031843>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Evaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain

LIED

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université Paris 7 - Denis Diderot

Centre National de la Recherche Scientifique





agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des Unités  
de recherche

*Le Directeur*

**Pierre Glaudes**



# Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2012-2013, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités). Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des six critères définis par l'AERES.

NN (non noté) associé à un critère indique que celui-ci est sans objet pour le cas particulier de cette unité ou de cette équipe.

**Critère 1 - C1** : Production et qualité scientifiques ;

**Critère 2 - C2** : Rayonnement et attractivité académique ;

**Critère 3 - C3** : Interaction avec l'environnement social, économique et culturel ;

**Critère 4 - C4** : Organisation et vie de l'unité (ou de l'équipe) ;

**Critère 5 - C5** : Implication dans la formation par la recherche ;

**Critère 6 - C6** : Stratégie et projet à cinq ans.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport a obtenu les notes suivantes :

- Notation de l'unité : **Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
A+	A+	A+	A	A	A



# Rapport d'évaluation

Nom de l'unité :	Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain
Acronyme de l'unité :	LIED
Label demandé :	UMR
N° actuel :	FRE
Nom du directeur (2012-2013) :	M. Hassan PEERHOSSAINI
Nom du porteur de projet (2014-2018) :	M. Hassan PEERHOSSAINI

## Membres du comité d'experts

**Président :** M. Jean Bernard SAULNIER, ENSMA, Poitiers

**Experts :**

- M. Robert BELOT, UTBM, Montbéliard
- M. Yvan FAURE-MILLER, MEDDE, Paris
- M. Karl JOULAIN, Université de Poitiers (Représentant du CoNRS)
- M<sup>me</sup> Françoise LAFAYE, ENTPE-EVS CNRS, Lyon
- M. Tadriss LOUNES, Université Aix Marseille 1 (Représentant du CNU)
- M. Gilles PELTIER, CEA, Grenoble

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M<sup>me</sup> Véronique DONZEAU-GOUGE  
M. Christophe GOURDON

### Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Vincent BERGER, Président Université Paris Diderot  
M. Richard LAGANIER, Université Paris Diderot  
M<sup>me</sup> Marie Yvonne PERRIN, INSIS, CNRS  
M. François-Joseph RUGGIU, SHS, CNRS  
M. Fabrice VALLEE, INP, CNRS



# 1 • Introduction

## Historique et localisation géographique de l'unité

Le LIED -Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain, Paris 7 Diderot - a été conçu ex nihilo, pour aborder les problèmes de recherche liés à la transition énergétique, dans le but d'agrèger des compétences permettant une approche globale du problème.

Les chercheurs qui sont à l'origine du présent projet viennent d'universités parisiennes ou ont connu, pour quelques-uns, des mutations ou recrutements récents. La construction a débuté à l'automne 2009 et les travaux des groupes pionniers qui se sont réunis régulièrement durant l'année 2009-2010 ont débouché sur un colloque international tenu à Paris Diderot les 25 et 26 mai 2010, jetant les bases du programme scientifique du futur laboratoire. Soutenus depuis par la présidence de l'Université et par plusieurs composantes des secteurs «Sciences et applications» et «Lettres et sciences humaines», des rencontres et séminaires internationaux réguliers ont permis d'approfondir les thématiques de recherche et d'élaborer les modes de fonctionnement des groupes, en particulier en donnant un contenu à l'impératif d'interdisciplinarité qui est à la base du projet.

Cela a conduit à une Unité de Recherche de Paris Diderot (URD001), devenue FRE CNRS, en attente d'un statut d'UMR, qui démarre avec 26 membres dont 8 Professeurs, 10 MC, 1 IR et 3 personnels CNRS (1 CR, 1 IR et 1 IE) et 4 consultants. Le caractère pluridisciplinaire de la nouvelle formation est déjà visible à travers les appartenances de ces 26 membres qui relèvent des domaines SHS (9), SVE (8) et ST (9). Le LIED, proprement dit, est ainsi constitué de personnels qui disposeront d'un bâtiment spécifique au cœur du campus de l'université Paris-Diderot (3.200 m<sup>2</sup> utiles) et dès janvier 2013 de locaux d'hébergement temporaire (420 m<sup>2</sup>).

Le LIED prend toute sa dimension internationale au sein du PRES Sorbonne Paris Cité (SPC)<sup>1</sup> qui rassemble huit établissements et où il constitue la pierre angulaire de l'Institut des Energies de Demain (IED, 336 personnes), appelé à devenir l'un des quatre instituts transversaux de l'IDEX SPC<sup>2</sup>. Cet institut IED comprend en particulier l'UMR LIED, la "Fédération IED"<sup>3</sup> et le réseau international PIERI<sup>4</sup>. Ce contexte global, en construction, étant posé, précisons que la présente évaluation porte strictement sur le LIED, tel que défini plus haut.

## Une première approche du projet scientifique

Pour en venir à l'objectif scientifique que se fixe le LIED, il consiste à développer « l'écologie des énergies », c'est-à-dire à mener des recherches scientifiques et techniques, orientées par les problèmes à traiter dans le cadre de la transition énergétique, et à les associer étroitement à des analyses sur les interactions entre l'homme et son environnement. La nécessité d'une telle approche globale du problème de l'énergie est encore rarement prise en compte dans les laboratoires universitaires et ceci représente une véritable originalité du LIED.

Cette vision ouvre la voie à des collaborations inédites entre Sciences et Technologies (ST), Sciences du Vivant et de l'Environnement (SVE), Sciences Humaines et Sociales (SHS) et Entreprises. L'ambition clairement interdisciplinaire affichée vise le dépassement d'une simple juxtaposition pluridisciplinaire. La singularité du LIED est effectivement de tenter de fédérer étroitement des experts des secteurs des Sciences (Biologie, Chimie, Informatique, Mathématiques, Physique, Sciences de l'ingénieur, Sciences de la Terre) et des Sciences Humaines et Sociales (Anthropologie, Economie, Géographie, Histoire, Philosophie, Sciences politiques, Sociologie ...).

<sup>1</sup> Le PRES Sorbonne Paris Cité, créé en 2010 associe quatre universités (Sorbonne Nouvelle-P3-, Paris Descartes-P5-, Paris Diderot-P7- et Paris 13) et quatre grandes écoles ou instituts (Sciences Po, l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, l'Institut National des Langues et Civilisations Orientales et l'Institut de Physique du Globe de Paris).

<sup>2</sup> L'IDEX SPC qui prend l'appellation USPC, Université Sorbonne Paris Cité, s'inscrit dans la prolongation du PRES et relève du Grand Emprunt.

<sup>3</sup> La Fédération LIED comporte une composante dite « Paris Diderot (106 membres) et une autre « hors Paris Diderot (176 membres).

<sup>4</sup> Paris Interdisciplinary Energy Research Institute, est composé de 28 membres qui sont les directeurs de laboratoires internationaux engageant leurs équipes (Allemagne, Angleterre, Argentine, Belgique, Brésil, Canada, Écosse, Espagne, États-Unis, Irlande, Norvège).



Le projet s'organise autour des **trois axes** suivants:

- Energie décarbonée et efficacité énergétique ;
- Prospective socio-économique et politiques publiques de l'énergie ;
- Energie et méthodologie interdisciplinaire ;

qui se décomposent eux-mêmes en Thématiques et Projets Interdisciplinaires (voir paragraphe 4 ).

### Équipe de Direction

L'équipe de direction est composée de 5 personnes, représentant a priori un équilibre harmonieux entre les Sciences et Technologies, les Sciences du Vivant et de l'Environnement et les Sciences Humaines et Sociales.

### Nomenclature AERES

ST, SVE et SHS

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	18	18	17
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	1	1
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3	2
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1	1
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)			
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3	2
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>23</b>

<b>Taux de producteurs</b>	<b>95 %</b>
----------------------------	-------------



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	16	
Thèses soutenues	31	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	9	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	14	



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le document scientifique du LIED démarre en posant une série de bonnes questions, notant tout d'abord que les problèmes, dans le domaine de l'écologie des énergies, sont complexes, fortement contraints et comportent de multiples difficultés en premier lieu de nature scientifique et technique.

Le texte montre alors une judicieuse prise de conscience de ce que ces difficultés scientifiques et techniques sont loin d'être les seules à affronter car, pour être exploitables, les solutions proposées devront s'incarner à terme dans la réalité économique et sociale, et dès lors, le projet amène alors à considérer que bien des questions sont en fait à traiter sous l'angle sociopolitique et que bien évidemment l'aspect écologique jouera un rôle important.

Posé de la sorte, le débat entre dans le cadre classique du développement durable, en proposant de balayer en termes d'énergie, outre les aspects scientifiques et techniques, les retentissements socio économiques, politiques et environnementaux...

Face à ce questionnement, le LIED a déjà rassemblé dans ses compétences, des experts en sciences et technologies, en sciences du vivant et de l'environnement, ainsi qu'en sciences humaines et sociales, selon une distribution relativement équilibrée, compétences susceptibles d'aborder le problème dans sa globalité, pour peu que le travail soit réellement coordonné de façon cohérente et efficace. Il semble que l'organisation actuelle de séminaires, en particulier, aille effectivement dans ce sens.

L'axe « Energie décarbonée et efficacité énergétique » est apparu comme très pertinent au regard de la problématique énergétique et de la limitation des émissions de gaz à effet de serre. Cet axe rassemble des chercheurs en sciences dures de premier plan. Les projets scientifiques proposés sont très ambitieux et extrêmement prometteurs que cela soit dans la recherche de nouvelles sources d'énergie ou bien dans l'amélioration de l'efficacité énergétique.

L'axe « Prospective socio économique et politiques publiques de l'énergie » est composé de plusieurs thèmes et projets à forte dominante SHS. L'intérêt des études proposées réside dans leur capacité à mettre en dialogue les acteurs de différentes disciplines pour repenser la question énergétique. Les recherches menées sont dans l'ensemble de qualité.

L'axe « Energie et Méthodologie interdisciplinaire » a dégagé, dans sa programmation des années à venir quatre chantiers « phare » :

- « Modèles : outil de prospectives et de convergence interdisciplinaire » ;
- « Cinq siècles d'énergies renouvelables : des humanités digitales à la modélisation » ;
- « La réception socio-cognitive des enjeux technologiques » ;
- « Construire l'intelligence collective énergétique : réseaux et bâtiments intelligents » ;

qui se nourriront les uns les autres, et possèdent clairement les potentialités nécessaires pour faire émerger progressivement une approche multifacettes des phénomènes, dégagée des disciplines.

Il faut également noter, et c'est là un point tout à fait positif, une certaine pratique en termes de transferts industriels, brevets, actions contractuelles (sciences et technologies), mais également des contacts avec le monde de l'entreprise, côté SHS, plutôt à travers des activités de conseil : la culture d'ouverture vers l'aval est bien présente. D'ailleurs des partenaires industriels, véritables poids lourds du domaine de l'énergie participent déjà au Conseil Scientifique (Areva, Bouygues, EDF, Saint Gobain...).

Enfin, face à l'effectif à ce jour encore modeste, le LIED a présenté un choix des priorités à retenir qui semble raisonnable.



## Points à améliorer et risques liés au contexte

Il sera bienvenu que le LIED, qui constitue une offre nouvelle sur le marché de la recherche en énergie, affirme clairement les raisons des choix qu'il a effectués, à l'égard des grandes orientations actuelles (fossiles, nucléaire, renouvelables, problème du CO<sub>2</sub>, composants et systèmes énergétiques, aspects énergie et SHS...) et adopte une stratégie susceptible de mieux mettre en évidence les atouts et le bien fondé de ces choix (panorama des grands clusters nationaux existants, coopérations fertiles à envisager...). Les relais à l'international, en particulier à travers le PIERI, devront permettre d'affiner la construction d'une politique plus explicite. Quelques recentrages et rapprochements seront à effectuer (projets en biologie, voir également l'axe 2). Un progrès important consisterait à élucider des notions permettant de mieux saisir les limites, par exemple, entre l'inter-disciplinarité et la pluri-disciplinarité, afin de mieux comprendre les logiques, le cadre et les protocoles des appariements disciplinaires. Une réflexion plus précise sur l'interdisciplinarité est à expliciter afin d'éviter certains écueils comme la mobilisation des autres disciplines comme simples compléments à son analyse.

## Recommandations

Le comité a certes apprécié l'affichage de priorités qui s'adaptent réellement à la modestie des effectifs dans la phase de démarrage, mais il lui a semblé souhaitable que le LIED opère, au départ, un rapprochement d'un certain nombre de projets pour éviter l'éparpillement thématique au regard des ressources humaines en présence.

Au plan de la gouvernance, il sera souhaitable de conforter un management de haut niveau, capable en permanence de remettre les choses en perspective, et si possible dégagé de charges statutaires.

La présence de « médiateurs/acteurs », avec donc un profil ad hoc, capable à la fois d'instiller les conditions de la fertilisation croisée et de capitaliser les retours d'expérience, pourrait être très bénéfique à la dynamique d'ensemble. De même, à côté des modèles, un outil fort utile semble négligé, les analyses de cycle de vie (ACV) : l'investissement direct sur un sujet aussi technique serait beaucoup trop lourd, mais un partenariat avec un laboratoire à la pointe dans le domaine serait également très bénéfique, en premier lieu pour mettre en perspective les enjeux et surtout pour penser l'environnement en amont de la mise au point de nouvelles solutions énergétiques.

Etant donné la lourdeur de l'investissement, il serait sans doute judicieux assez rapidement d'élargir le partenariat international à d'autres équipes, afin de disposer d'une force de frappe supérieure et de l'expérience accumulée dans d'autres contextes nationaux. Le comité d'experts encourage la mise en place rapide d'une politique internationale ambitieuse, facilitée par la présence du PIERI, la mise en place de l'USPC..., afin d'attirer des chercheurs étrangers d'excellence, voire d'étudiants étrangers (chaires et bourses d'excellence).

Sur un plan plus fondamental, il s'agit en fait de contribuer au développement d'une science interdisciplinaire « rupture/transition » en prenant en compte l'ensemble des contraintes et l'ensemble des risques systémiques liés. Peut-être serait-il judicieux de susciter la création d'un pôle français de recherche « rupture/transition » dont les résultats pourraient en retour nourrir à différents niveaux les projets en propre du LIED.

Sur un plan pratique, compte tenu de l'aspect innovant de certaines questions de recherche - et donc du peu de données disponibles -, la politique de recrutements apparaît essentielle. Une réflexion fine est à poursuivre sur cet aspect de la stratégie du LIED. A ce stade du projet, l'hyperspécialisation revendiquée (et souhaitée) ne permet pas de redonner pleinement de la cohérence au projet d'ensemble et de la complexité aux questions posées collectivement.



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Il faut bien observer que la création ex nihilo fait que l'on ne peut porter un jugement que sur une production qui a eu lieu, pour l'essentiel, dans un contexte hors LIED.

Dans l'ensemble, les recherches évoquées sont effectivement originales et prennent une place de choix dans le paysage national et international. Des avancées substantielles ont, pour ne citer que ces exemples, été obtenues dans le domaine de la physique aux micro échelles, tant en thermoélectricité que du côté de la microfluidique. Ces travaux, en relation avec des partenaires industriels sont susceptibles d'applications et ont conduit à la prise de brevets (5). Il y a bien là de véritables pistes de ruptures et la descente vers les micro et nanoéchelles constitue un véritable changement de paradigme. De même, l'ouverture vers la biologie cellulaire et moléculaire, l'appui sur la génétique et leur usage pour la problématique de l'énergie (production d'hydrogène, déstructuration de la biomasse...) constituent également une rupture.

En SHS, si tous les chercheurs ne sont pas issus des problématiques liées à l'énergie, certains projets apparaissent d'ores et déjà innovants et essentiels pour comprendre les enjeux énergétiques et les bouleversements que suggère la transition énergétique. Citons par exemple les projets portant sur les recompositions géopolitiques qui s'opèrent à différentes échelles de territoire (national, européen, mondial), à la mise en œuvre des politiques européennes en matière d'énergie mais aussi environnementale et sociale. La production scientifique s'effectue, pour l'essentiel, dans des revues de grand renom et a donné lieu, en agrégeant les références citées dans le dossier, à une valeur moyenne de 9.6 articles en revue internationale à comité de lecture, par individu, et sur la totalité des 5 années examinées. Côté communication à des conférences internationales, la moyenne individuelle qui s'établit à près de 3 sur la même période sera à renforcer.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

De nombreuses personnalités « seniors » sont reconnues pour leur rayonnement national et international, non seulement par la qualité de la production scientifique en revues, mais par d'autres activités d'édition soutenues (auteurs de livres : 13, de chapitres de livres : 57, directeurs de collection d'ouvrages : 8...).

La responsabilité du pilotage s'avère fréquente pour une dizaine de cadres (direction scientifique de l'École de l'IGN, responsabilité du laboratoire d'électrophysiologie des membranes, et d'autres laboratoires... projets ANR, PIE, européens...) ainsi que leur implication scientifique dans des projets internationaux et nationaux.

Le rôle de leader dans des réseaux, des communautés, des associations porteuses de projet, à l'échelle internationale est avéré (Association internationale d'histoire économique, société italienne de logique et philosophie des sciences, représentant CNRS à l'ERA, European Energy Research Alliance...).

En termes de notoriété, on note la présence de deux membres de l'IUF (un senior et un junior).

Le LIED possède ici clairement des atouts majeurs, en termes de visibilité et d'attractivité.

#### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Là encore, en matière d'interaction avec l'environnement social, économique et culturel, on ne peut juger que sur les composantes qui se sont agrégées, mais le bilan passé, évalué quasiment à l'échelle individuelle est tout à fait positif et prometteur pour le devenir du LIED : la pratique des relations contractuelles, de l'activité de consultant (plutôt en SHS) est bien là. Il faudra cependant préciser le positionnement à venir à l'égard des modes usuels de valorisation (SATT, CNRS..).



## Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

La mise en place du LIED est trop récente pour porter un jugement en profondeur sur l'organisation et la qualité de la vie de l'unité.

On note cependant que l'organisation de la direction semble avoir été choisie d'une part de façon à permettre aux différentes disciplines de se sentir bien représentées, et d'autre part, que ce choix va bien dans le sens d'une prise de décision en accord avec les objectifs d'interdisciplinarité.

Cet esprit est d'ailleurs présent dans la constitution du conseil scientifique, au sein duquel les 10 disciplines engagées dans le projet sont représentées.

Concernant la politique de répartition des moyens, la procédure de prise de décision est préparée par le bureau du LIED et tranchée par le conseil scientifique. Mais cette méthode s'étend -renseignement pris auprès du Directeur- aux autres circonstances d'arbitrages (orientation scientifique, équipes émergentes, contrats, projets ANR, Europe...) : tous les projets proposés par le LIED sont présentés et débattus d'abord par tous les membres concernés (tous les projets en même séance) et ensuite passent par le bureau et le conseil.

Sur le terrain, la réalité des séminaires fréquents (mensuels) et variés constitue un élément tout à fait positif, impliquant une gestion pluridisciplinaire, au sens où la co-responsabilité en est systématiquement partagée entre experts de ST / SVE et de SHS.

Un point important concerne les promotions et recrutements : les membres du LIED seront évalués par les commissions de leur discipline de base. Les recrutements seront menés par le conseil scientifique du LIED pour assurer l'interdisciplinarité.

Reste qu'il faudra, à terme, préciser, le mode de représentativité des personnels dans les instances de pilotage, la fréquence des réunions des instances, ainsi que la politique d'information et de communication. Mais après tout c'est là une pratique à laquelle tous les membres ont été habitués, dans leurs formations antérieures.

## Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'université Paris Diderot avait créé en 2009 des formations dans le domaine des énergies, la licence professionnelle «Technique Physique des Energies », destinée à la VAE de formation permanente, et le master «Ingénierie Physique des Énergies », formations rattachées aux écoles doctorales de physique de Paris Diderot. L'ensemble couvre une formation transversale suivi de quatre options : Eolien, Maîtrise de l'énergie dans le bâtiment, Nucléaire, Solaire.

L'arrivée du LIED dans le paysage a contribué à modifier l'offre de formation, en proposant la création du master, Approche Interdisciplinaire des Energies de Demain (AIED), croisant, à l'image du LIED, sciences expérimentales et sciences humaines et sociales dans le domaine de l'écologie des énergies, qui a démarré à la rentrée 2012.

Il comporte actuellement deux spécialités de M2 : Ingénierie Physique des Énergies, M2 créé en 2009, principalement axé sur les sciences physiques (IPE : <http://www.physique.univ-paris-diderot.fr/M2/IPE>) ; Énergie, Écologie et Société (E2S : <http://www.shs.lied.univ-paris-diderot.fr/M2/E2S>), M2 tout juste créé, principalement axé sur les sciences humaines et sociales. Les débouchés envisageables pour cette formation seront à préciser.

Des passerelles existent entre le nouveau master AIED et les formations de 2009.

L'examen des sites montre que la qualité de l'encadrement ne fait aucun doute : on y trouve majoritairement des universitaires, épaulés par des spécialistes de terrain (éoliennes par exemple). Les programmes sont copieux et, sans prétendre à l'exhaustivité, couvrent soigneusement le domaine retenu.

Le LIED est présent sur les deux M2. On sent que le master E2S a clairement bénéficié d'un processus interne de discussion, en particulier au LIED, pour identifier les avancées scientifiques récentes à intégrer dans l'enseignement (lien entre programme de recherche et formation).

Au plan de l'efficacité de l'accompagnement de l'enseignement, on note par exemple des séminaires de sensibilisation, d'aide à la recherche de contrats d'apprentissage ou de stage. La formation pratique comporte des visites d'installations industrielles.



## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

L'objectif scientifique, que s'est fixé le LIED, consiste à développer « l'écologie des énergies », c'est-à-dire à mener des recherches scientifiques et techniques, orientées par les problèmes à traiter dans le cadre de la transition énergétique, et à les associer étroitement à des analyses sur les interactions entre l'homme et son environnement. La nécessité d'une telle approche globale du problème de l'énergie est encore rarement prise en compte dans les laboratoires universitaires et ceci est une véritable originalité du LIED.

La cohérence de l'ensemble est consistante, en privilégiant une approche pluridisciplinaire entre sciences dures, majoritairement pour l'axe « Energie décarbonée et efficacité énergétique », et au sein des sciences humaines et sociales pour l'axe « Prospective socio-économique et politiques publiques de l'énergie ». Mais plus encore, L'axe «Energie et méthodologie interdisciplinaire » est certainement très névralgique dans le programme du LIED, au sens où le succès d'ensemble en dépendra très largement. Il ne faut pas se le cacher, les quatre chantiers structurants qui y sont envisagés représentent un investissement global très lourd car le degré de complexité de la phénoménologie est ici extrême. En effet, la transition énergétique, qui correspond déjà à une rupture profonde, doit s'effectuer dans un monde doublement en pleine recomposition : 1) Politique, avec la montée en puissance rapide des pays émergents. 2) Economique, avec la nécessité désormais de s'organiser autour d'énergies et de matières premières minérales rares et chères. Les conditions d'une transition énergétique réussie supposent donc de concilier de nombreuses contraintes très fortes et le caractère risqué y apparait fortement : c'est ici le corollaire du caractère très original du projet, déjà souligné.

La crédibilité de la stratégie passe par une hiérarchisation des objectifs et l'établissement de priorités, qui a été établie, du moins pour la phase de démarrage. Le potentiel de montée en puissance au plan de ressources humaines permettrait d'envisager rapidement un doublement des effectifs, sur un programme qui est cohérent et par ailleurs aisé à déployer : cela constitue à l'évidence une réelle capacité d'adaptation et de déploiement stratégique en réponse à une évolution favorable de l'environnement.

Pour conclure, la faisabilité du projet à 5 ans paraît bien engagée, et s'y ajoute l'intérêt pour la recherche en énergie de la mise en place d'une formation de tout premier plan dans le domaine de la transition énergétique.



## 4 • Analyse axe par axe

Les activités du LIED s'articulent autour de 3 axes de recherche.

### Axe 1

Energie décarbonée et efficacité énergétique

#### • Appréciations détaillées

Cet axe de recherche s'articule autour de deux thèmes (T) et de deux projets interdisciplinaires (ID). En dehors du projet ID Biomasse, les projets et thématiques de recherche de cet axe relèvent des sciences dures et auraient pu être développés dans des laboratoires classiques des sciences dures. Ils articulent en revanche de nombreuses disciplines allant de la biologie, à la chimie, à la physique en passant par les sciences de l'ingénieur. Si la plupart des projets ont des objectifs clairs structurés autour d'équipes de recherches reconnues internationalement, l'apport de la démarche interdisciplinaire du LIED à ces projets aurait mérité d'être plus clairement explicité.

#### Thème 1 : Matériaux et biomatériaux innovants

Le projet 1 '**Raffinerie biologique et synthèse biomimétique pour la production d'hydrogène**' a pour but de proposer des voies nouvelles de production d'hydrogène, soit par une approche purement biologique, soit par une approche biomimétique. L'approche biologique vise à mieux comprendre les mécanismes de production d'hydrogène chez la micro algue *Chlamydomonas reinhardtii*, puis à exprimer l'hydrogénase de cette micro algue chez un champignon filamenteux, l'objectif étant d'obtenir un microorganisme capable à la fois de dégrader de la biomasse végétale et de produire de l'hydrogène. Ce projet de recherches met en synergie une équipe de recherches du LIED (équipe sur la génétique des champignons) avec une équipe qui pourrait à l'avenir rejoindre le LIED (équipe sur les micro algues).

Cette approche pourrait se heurter à des difficultés qui ne sont pas évoquées telles l'expression hétérologue d'hydrogénases à fer (qui nécessite la co-expression d'enzymes de maturation), la capacité de la chaîne respiratoire à réduire la ferrédoxine (donneur d'électrons de l'hydrogénase de *C. reinhardtii*), ce qui pourrait s'avérer un facteur limitant.

L'approche de chimie biomimétique, uniquement traitée dans le cadre de la fédération IED, n'est pas détaillée. La pertinence de son articulation avec la partie biologique n'est de ce fait pas facile à évaluer.

Le projet 2 '**Usine biologique et synthèse biomimétique**' pour la production de petites molécules est dans sa conception assez proche du précédent. Il a pour but la production de molécules d'intérêt énergétique, de type alcanes ou alcènes, par des microorganismes capables de dégrader la biomasse végétale. Ce projet s'inscrit bien dans les thématiques du LIED, le développement d'organismes capables de dégrader de la biomasse et de produire des alcanes ou alcènes représentant un enjeu véritable.

La stratégie expérimentale proposée vise à étudier deux gènes de la cyanobactérie *Oscillatoria* sp. PCC6506 impliqués dans la production d'alcane et de les exprimer chez un champignon filamenteux. L'étude du métabolisme des lipides du champignon pourrait s'avérer importante à développer afin de lever d'éventuels verrous.

Enfin, les chimistes impliqués dans le projet qui ne sont pas directement rattachés au LIED et qui sont actuellement dans la Fédération Paris Diderot du LIED proposent de réaliser des mimes chimiques (catalytiques ou nano particulières) de l'enzyme responsable de la production d'alcanes ou d'alcènes, l'aldéhyde décarbonylase.

Le projet 3 '**Identification des voies de signalisation du développement chez les champignons filamenteux dégradeurs de biomasse**' a pour objectif de mieux comprendre les mécanismes de transformation de la biomasse végétale en molécules complexes comme les sucres fermentescibles par les champignons filamenteux. Il est envisagé de comprendre comment les champignons arrivent à identifier certaines structures cellulaires afin d'optimiser la dégradation et la déstructuration des matériaux. Une approche génétique précédemment développée dans ce laboratoire chez le champignon filamenteux *Podospora anserina* a permis



d'isoler un grand nombre de mutants affectés dans le développement de ce champignon. L'étude de ces mutants, affectés à différentes étapes du cycle de développement des champignons, permettra d'identifier les gènes associés aux mécanismes moléculaires capables d'agir sur le bois, la lignine ou le dextrose. L'approche génétique paraît particulièrement pertinente pour identifier les mécanismes mis en jeu.

Il serait souhaitable de regrouper ce projet amont avec les deux précédents afin d'en assurer la cohérence globale.

Le projet 4 concerne la '**Production de biomasse et résistance au stress**'. La productivité de biomasse par les végétaux est limitée par des stress environnementaux de différentes natures, notamment des stress oxydants. Le but de ce projet est de comprendre comment différentes conditions de stress modifient le comportement cellulaire et nuisent à la productivité. L'application visée est la sélection de souches de micro algues optimales pour la production de biomasse.

Compte-tenu de l'effectif limité de chercheurs, il serait souhaitable d'éviter la multiplication des modèles et de recentrer cette thématique sur un modèle biologique unique en interaction avec d'autres équipes du LIED.

Le but de du projet 5 '**Développement de matériaux thermoélectriques hybrides : flexibilité fonctionnelle et technologique**' est de concevoir de nouvelles cellules thermoélectriques hybrides assemblant des matériaux organiques et inorganiques. Deux voies d'élaboration de ces structures hybrides sont envisagées : l'une basée sur l'intercalation et l'autre sur des réactions in situ. La voie hybride choisie est originale. Elle se distingue de nombreuses recherches récentes qui ont cherché, pour l'amélioration du facteur de mérite à découpler la conductivité thermique et la conductivité électrique par nano structuration. Elle a l'avantage de la flexibilité fonctionnelle (plus aisé à mettre en place que des matériaux massifs). De plus, l'utilisation de ces matériaux hybrides laisse promettre des coûts plus faibles. Les partenaires sont tous des spécialistes reconnus internationalement dans leur domaine. Les moyens humains prévus pour développer le projet sont à la fois conséquents et de bonne qualité ce qui devrait conduire à un bon développement du projet.

Le matériel nécessaire à la mise en œuvre du projet n'est pas complètement à disposition mais est de facture classique et devrait normalement être mis en place.

Le but du projet 6 '**Optimisation de conversion d'énergie : Approche Novikov-Curzon Ahlbron multi-échelles**' est de comprendre d'un point de vue fondamental et à l'échelle microscopique comment s'effectue la conversion de chaleur en travail dans une machine thermique. La démarche suivie dans ce projet s'inspire de celle de Novikov-Curzon et Ahlbron pour laquelle les liaisons entre les sources de chaleur et la machine sont résistives. Cette étude sera effectuée par un formalisme de fonctions de Green hors équilibre.

Le projet comporte un aspect fondamental basé sur l'étude décrite précédemment et un aspect expérimental ou des structures autoportées mises au point à l'IEF d'Orsay feront office de système modèle pour les liaisons entre réservoir et machine thermique.

Ce projet sera une collaboration entre plusieurs acteurs du et de l'IEF (membre de la fédération hors Paris Diderot) pour les structures autoportées.

Si le projet est à coup sûr important d'un point de vue fondamental, les applications potentielles ne sont pas ou peu explicitées.

Le projet 7 '**Théorie à Plusieurs particules hors équilibre de nouveaux matériaux pour dispositifs photovoltaïques**' a pour ambition de concevoir de nouvelles cellules photovoltaïques à haut rendement. Les cellules classiques ont en effet comme inconvénient de convertir avec un haut rendement uniquement les photons dont la longueur d'onde est correspond à l'énergie du gap du semi-conducteur. En particulier, les photons dont l'énergie est supérieure à l'énergie du gap relaxent vers l'énergie du bas de la bande conduction et l'excès d'énergie est perdu. Un moyen de contrecarrer ce problème est de faire des cellules à porteurs chauds. Le problème est d'empêcher les électrons de relaxer. Pour ce faire, il faut concevoir des contacts entre la cellule et le circuit capable de récupérer les électrons avant leur relaxation. Pour que cela soit possible, il faut des contacts à base de nanostructures, par exemple des puits quantiques. L'étude de ces contacts se fera par la méthode de fonctions de Green hors équilibre. Les travaux seront effectués à l'IRDEP et au LIED.

Les Projets de recherche P5 à P7 sont des projets à haut potentiel de recherche qui pourraient être menés dans des laboratoires de sciences dures.



## Thème 2 : Transport instabilités et fluctuations énergétiques

Dans ce thème les projets sont abordés à la convergence de physique, chimie, biologie et sciences de l'ingénieur. Il s'agit d'une interdisciplinarité dans le domaine des sciences dures. Le volet sciences humaines et sociales n'est pas pris en considération dans ce thème, les verrous relevant de compétences en sciences dures. Il s'agit essentiellement d'optimiser ces procédés en utilisant les outils de simulations numériques et expérimentaux.

Le dénominateur commun de ces projets est l'intensification des transferts de chaleur, de masse et de réaction chimique dans les procédés pour différents domaines d'applications. Ces projets ont pour objectifs le développement de recherches fondamentales sur les phénomènes de transferts de chaleur, la mise en œuvre de matériaux et de dispositifs expérimentaux instrumentés.

Le projet **micro échangeurs / réacteurs intensifiés par couplage acousto-hydrodynamique** a pour objectif de contribuer au concept d'usine du futur. Le projet proposé porte sur l'intensification dans les microsystèmes par voie active en utilisant des ondes acoustiques dans la gamme 5 à 50 MHz. Cette méthode permettrait de réaliser des mélanges plus performants. Les études sont essentiellement centrées sur la caractérisation des écoulements et des transferts de chaleur par des techniques de micro instrumentation existantes ou à développer. Ce n'est que par les retombées applicatives qu'il contribuera à des enjeux de société extrêmement importants dans une perspective de redéploiement industriel.

Le second projet porte sur les **mouvements collectifs dans les colonies de microorganismes** avec pour applications la production de bioénergies et le contrôle de végétation (blooms). Il s'agit là de contrôler la dynamique collective par des champs externes (acoustiques ou thermiques) pour optimiser le transport collectif d'en mesurer les conséquences biologiques sur le taux de reproduction des algues ainsi que leur teneur bioénergétique. Les retombées sociétales peuvent être importantes pour la production d'hydrogène ou bien comme des sources de nutriments pour des poissons.

Le troisième projet « **Intensification des transferts par manipulation dynamique passive de vorticité** » porte sur l'intensification des transferts en incorporant sur les parois des éléments perturbateurs générant la vorticité longitudinale dans l'écoulement. Cette méthode d'intensification a été bien exploitée en génie chimique en tant que mélangeur. Il s'agit ici d'explorer cette technique pour améliorer les performances énergétiques d'échangeurs et d'échangeurs/réacteurs multifonctionnels. Les travaux proposés consistent à explorer par simulation numérique et expérimentation des configurations de structures tourbillonnaires définies dans les échangeurs réacteurs HEV (High Efficiency Vortex) et de tester de nouvelles géométries.

Le quatrième projet concerne l'étude de **réacteurs catalytiques milli-structurés** pour la synthèse d'hydrocarbures par le procédé Fischer-Tropsch. Ce procédé chimique de synthèse d'hydrocarbures à partir d'un mélange de monoxyde carbone et d'hydrogène a été développé depuis plusieurs décennies. L'objectif est d'utiliser des milli-réacteurs caractérisés par de grandes surfaces d'échanges pour mieux maîtriser les transferts thermiques. Cette maîtrise est l'un des facteurs clés du procédé de synthèse chimique.

Le projet est très ambitieux puisqu'il se décline en plusieurs tâches, depuis la mise au point de catalyseurs performants jusqu'au dimensionnement du réacteur sur le plan expérimental. Une tâche de modélisation de l'hydrodynamique au voisinage des grains du catalyseur est également proposée. Il est important de préciser comment toutes ces tâches seront abordées dans le temps et quels moyens seront mis en œuvre.

Le cinquième projet porte sur les **surfaces biomimétiques** pour optimiser un procédé de condensation. Il s'agit de mettre en œuvre des surfaces composées de micro zones de mouillabilités différentes (hydrophile - hydrophobe) de sorte à optimiser la condensation de vapeur d'eau contenue dans de l'air. C' st un sujet à caractère fondamental où les aspects physicochimie des surfaces sont primordiaux. Ces travaux permettront d'étudier les phénomènes de nucléation-croissance de gouttes sur les surfaces hydrophobes et d'hydrodynamique sur les surfaces hydrophiles. Le but ultime de ces travaux sera de trouver les conditions nécessaires pour concevoir un dispositif de récupération d'eau ayant des performances optimales. Comme pour les échangeurs-réacteurs, les retombées envisagées peuvent être importantes au plan sociétal.

Tous les projets proposés relèvent de problématiques scientifiques intéressantes avec des objectifs d'application différents. Ils sont caractérisés par des phénomènes couplés et la compréhension des mécanismes mis en jeu passe par la prise en compte de ces couplages. Les échelles d'études diff rent selon le sujet considéré. Les méthodologies développées sont communes aux différents projets et cela constitue une richesse



de ce thème. Il serait intéressant de préciser comment chacun de ces sujets s'intègre dans la politique de construction du LIED en relation avec les autres thématiques du laboratoire.

### Les projets interdisciplinaires

**ID1 Biomasse** : des verrous technologiques aux enjeux territoriaux.

Le projet interdisciplinaire « biomasse » se propose d'aborder des aspects importants de la thématique dans l'optique d'une transition énergétique (analyse des politiques publiques, disponibilité des ressources, verrous biologiques et technologiques de conversion de biomasse, enjeux territoriaux et sociétaux liés au déploiement de nouvelles technologies...). Le déploiement d'approches multidisciplinaires sur un tel sujet est un véritable défi. Les projets de recherche proposés (P1 à P4) concernent des activités de recherche très centrées sur les sciences dures (biologique et un peu chimique). C'est à travers l'articulation avec le génie des procédés et des collaborations industrielles (ces deux aspects devraient être fortement développés) que de nouveaux procédés de traitement de la biomasse pourront être développés à partir des travaux issus des équipes de sciences dures et qu'un lien véritable pourra se faire avec les SHS. Un gros effort de recrutement sera nécessaire : en l'état actuel des effectifs du laboratoire ce lien paraît difficile à réaliser.

**ID2 Interaction turbulence-vorticité directionnelle.**

C'est un projet interdisciplinaire en sciences dures qui regroupe hydrodynamiciens, mécaniciens des fluides géologiques, thermiciens, plasmiciens et mathématiciens.

L'objectif est de comprendre et modéliser les phénomènes complexes de transport à l'interface d'un milieu fluide turbulent et d'un autre milieu fluide structuré à vorticité directionnelle. Plusieurs études génériques sont abordées pour analyser l'efficacité énergétique des échangeurs de chaleur, la récupération des énergies de la houle, ou les structures de type tourbillons longitudinaux d'origine naturelle.

Des modèles sont développés dans les différents groupes. Ces approches seront proposées pour l'analyse de données empiriques de certains phénomènes sociaux. Il s'agit là de tenter d'appliquer les méthodes d'analyse développées en sciences dures à certains phénomènes sociaux. Il s'agit par exemple d'envisager l'utilisation de l'algorithme adaptatif à la modélisation des phénomènes sociétaux dans une société en évolution permanente.

Cette thématique semble encore dans un état de réflexion pour lequel des travaux sont à accomplir pour envisager le développement de la « socio-physique ».

### Conclusion

L'axe énergie décarbonée et efficacité énergétique est apparu comme très pertinent au regard de la problématique énergétique et de la limitation des émissions de gaz à effet de serre. Cet axe rassemble des chercheurs en sciences dures de premier plan. Les projets scientifiques proposés sont très ambitieux et extrêmement prometteurs que cela soit dans la recherche de nouvelles sources d'énergie ou bien dans l'amélioration de l'efficacité énergétique. Cet axe recense des projets très divers allant de la biologie à la physique en passant par les sciences de l'ingénieur. Le comité a apprécié la mise en place d'une véritable interdisciplinarité parmi les différentes sciences dures. Il semble cependant souhaitable au comité d'experts de rapprocher un certain nombre de projets pour éviter l'éparpillement thématique au regard des ressources humaines en présence. De plus, l'apport du LIED en tant que lien privilégié de collaboration entre chercheurs des sciences dures et des sciences humaines apparaît peu dans cet axe. Pour rendre cette collaboration réaliste un effort de recrutement dans cette optique semble nécessaire.



## Axe 2

### Prospective socio-économique et politiques publiques de l'énergie

#### • Appréciations détaillées

L'axe 2 développe quatre thèmes qui portent sur la transition énergétique aux échelles du territoire (thème 3) et du politique (thème 4), s'intéresse à l'imaginaire social en lien avec l'innovation (thème 5), et s'interroge sur l'efficacité énergétique et les modes de consommation (thème 6).

Le thème 3, **Les échelles du territoire**, propose d'interroger les niveaux pertinents d'organisation territoriale et les choix d'aménagement qu'il convient de définir pour aborder la transition énergétique. A ces questions sur les niveaux territoriaux s'ajoutent celles portant sur les interactions entre ces territoires. Cette problématique est appréhendée à travers un regard croisé, à la fois territorialisé et historisé pour mettre en valeur la complexité et la contextualité d'un questionnement qui doit s'appréhender dans le temps. Trois projets nourrissent ce thème.

Le premier projet « Simulation dynamique et optimisation des circuits énergétiques à l'échelle territoriale » entend quitter le point de vue par lequel on pense habituellement les politiques énergétiques (Etat ou Union Européenne) pour tenter d'accéder à un niveau plus fin d'analyse. C'est ainsi, en effet, que l'on peut rendre compte d'un double mouvement contradictoire marqué par un phénomène d'élargissement des entités géopolitiques/géoéconomiques et une tendance à la fragmentation et à l'individualisation de la production d'énergie. Une question d'échelles se pose et s'impose. La territorialisation de la problématique permet de prendre en compte des dynamiques locales d'organisation et de consommation de l'énergie qui sont spécifiques à un contexte.

Dans le deuxième projet « Gisements d'énergies renouvelables au regard des conflits d'usage des externalités environnementales », il s'agit ici de révéler les risques d'incompatibilité, source de conflictualité, que l'introduction des énergies renouvelables, en tant que nouvelles contraintes, peuvent provoquer. Des arbitrages sont à opérer entre des logiques potentiellement contradictoires. Des conflits d'usage peuvent surgir (préservation du paysage) et des résultats contre-productifs peuvent apparaître (la construction de centrales d'EnR engendrant des émissions de GES).

Le troisième projet « Approvisionnement alimentaire et dispositifs de longue durée », s'inscrit dans une perspective historique. Il s'agit de reconstituer les interactions socio naturelles qui lient le milieu urbain avec le milieu rural à travers le rapport à l'approvisionnement alimentaire. L'idée, à partir de l'exemple de Paris, est de faire l'histoire des pratiques énergétiques qui s'organisent autour du lien entre le système agroalimentaire et le système énergétique pour rendre compte de l'émergence des dispositifs de mobilisation et de distribution des ressources énergétiques régionales.

Le thème 4, centré sur **Les échelles du politique**, propose d'analyser comment s'expriment les spécificités locales à partir de politiques européennes communes concernant l'énergie, l'environnement, les marchés intérieurs et ses relations avec l'extérieur. Il comporte trois projets.

Le premier projet « Politiques européennes et stratégies locales et régionales » a pour objectif de montrer la spécificité des trajectoires locales dans le domaine des politiques énergétiques. Il s'agit de préciser en quoi les interactions entre les différentes échelles du politique (locale, régionale, nationale, européenne) encadrent la transition énergétique en Europe, sachant que les échelons infra-étatiques européens disposent de prérogatives et de moyens financiers différents. Des comparaisons Europe centrale/Europe occidentale permettront de montrer comment les dépendances de sentier (c'est-à-dire les manières dont les mécanismes endogènes de reproduction institutionnelle et les ressources disponibles) agissent sur les trajectoires locales pour des pays anciennement communistes ou pour ceux relevant de l'Union Européenne des 15.

Le second projet « enjeux sociaux de la transition énergétique dans l'union européenne » pose des questions intéressantes autour des droits d'accès universel des usagers à l'énergie. Partant de la position législative de l'Europe - qui fait de la fourniture d'électricité et de gaz une « obligation de service public » et impose un service universel garanti à chaque habitant en ce qui concerne l'électricité - il s'intéresse aux enjeux sociaux liés à l'accès de tous à l'énergie. Les premières questions posées dans ce projet relèvent plutôt du politique ou de l'aide à la décision que de la recherche.



Le troisième projet « dimension géopolitique de la transition énergétique » aborde la question des recompositions politiques liées à la transition énergétique, non pas à des niveaux régionaux ou nationaux comme cela était proposé dans les projets précédents, mais dans les Etats voisins. Partant de la politique européenne de voisinage (libéralisation des échanges et extension de sa politique sur les marchés intérieurs), trois études sont proposées. Une première propose d'analyser les stratégies de deux pays voisins : l'Azerbaïdjan et l'Algérie, une seconde s'intéresse aux pays producteurs (Irak et Lybie) et aux ressources économiques que peuvent constituer les situations politiques de ces deux pays. La troisième étude aborde la nouvelle donne énergétique et notamment l'émergence de nouveaux pays producteurs qui sont dans des situations de dépendance plus ou moins forte avec des « superpuissances. En comparant l'Europe centrale et l'Asie du Sud-Est, il tente de répondre à des questions ayant trait aux enjeux de cette nouvelle donne, à l'investissement des pays dans des solutions énergétiques innovantes, aux influences des institutions supranationales sur les pays membres.

Le thème 5, **Imaginaire social et innovation**, s'organise autour de l'hydrogène dit propre, mal connu - du grand public mais aussi des décideurs -et peu exploité. Il pose la double question du potentiel et de l'image de ce vecteur d'énergie. Cinq projets sont proposés dans cet axe.

Le premier projet « Perception de l'innovation : une étude des représentations sociales concernant les technologies de l'hydrogène » a pour objectif de mettre à jour les déterminants socio-cognitifs qui entrent dans la perception de cette source potentielle d'énergie, à partir de focus-groupes. D'un point de vue théorique, l'hydrogène permet d'étudier l'ensemble du processus de construction d'une représentation qui va de l'émergence à la stabilisation.

Le deuxième projet : « Quantification des flux d'hydrogène naturel » s'éloigne de la question de l'imaginaire social pour se consacrer à celle de l'innovation. Il s'intéresse à la connaissance du potentiel d'hydrogène naturel disponible et aux techniques permettant sa récupération. Ce dernier aspect donnera lieu à la mise en œuvre de projets d'ingénierie, et montre la capacité du LIED à apporter des solutions issues d'une démarche technico-scientifique. Il est annoncé une relation avec la sphère SHS, mais rien n'est dit sur ses modalités et son intérêt.

Dans le projet suivant : « La transition énergétique entre le penser global et l'agir local : ambivalence de l'hydrogène », il s'agit de repérer dans l'histoire, essentiellement à partir de la source que constituent les brevets, les conditions d'émergence de l'attention portée aux gaz comme énergie alternative (éclairage urbain à la fin du XIXe siècle, gazogène pendant la Deuxième Guerre mondiale...). L'imaginaire de l'hydrogène est abordée spécifiquement à partir de certains événements symboliquement forts (l'explosion du Zeppelin en 1937, par exemple). Il conviendrait d'en savoir un peu plus sur les sources et corpus qui seront réellement mobilisés et sur la méthode employée.

Le projet « La production biomimétique d'hydrogène : quelle nature pour quelle culture ? » aborde la question de l'hydrogène sous un angle plus philosophique puisqu'il s'agit d'interroger son ontologie, tant son origine le fait échapper à la distinction nature/culture. Cette problématique, intéressante en soi, est à signaler positivement dans la mesure où elle se veut porteuse d'une démarche méta-analytique, au cœur de l'ambition interdisciplinaire du LIED, prenant appui, notamment, sur les travaux développés par les équipes du thème 1 (production d'énergie biologiquement assistée). En quoi l'hydrogène mimétique à des fins anthropiques peut-elle nous permettre de reconsidérer les rapports entre l'artificiel et le naturel ? Vaste et belle question, dont il faut nous dire comment elle pourra s'orchestrer, avec qui, quels moyens, et sur quoi elle peut déboucher ?

Le dernier projet « Les EnR comme système socio-technique : le cas de l'éolien » abandonne l'hydrogène et se concentre sur les éoliennes. Il renvoie à des questions plus concrètes que le précédent. Il propose de réinterroger la problématique plus générale des systèmes socio-techniques. Plus précisément, il se concentre sur le rôle des représentations sociales dans le processus d'appropriation et de diffusion d'une technologie, et sur la manière dont une technique (l'éolien) peut susciter un mouvement de rétroaction et provoquer un changement du regard et des pratiques des usagers par rapport à leur environnement et à leur mode de consommation. L'idée est d'étudier comment s'opère, grâce à une expérience sensible et directe de la technique nouvelle, une re-responsabilisation de l'utilisateur dans son rapport à la question énergétique. L'un des intérêts de ce projet est de proposer une approche comparative. Par contre, le choix des pays n'est pas argumenté (France/Danemark/Espagne ou Allemagne).



Le thème 6 s'intéresse à l'efficacité énergétique et aux modes de consommation, moyens incontournables et complémentaires pour aller vers des sociétés plus économes en énergie. En effet, comment penser la transition énergétique en omettant les interactions entre technologies et société ? Ce thème mobilise donc des compétences croisées : ST, sciences de l'ingénieur et SHS, au travers de plusieurs projets.

Le projet « Conception d'appareils consommateurs d'énergie » analyse les manières dont se combinent logiques d'usages (normes sociales) et logiques d'appareils (normes techniques), appareils sur lesquels pèsent de nombreuses directives (ici européennes) dont les unes visent à conduire les consommateurs à économiser les ressources tandis que d'autres tendent à améliorer l'efficacité de ces ressources tout en soulignant leur caractère limité. La mise en œuvre des directives européennes était d'ailleurs jusqu'à présent basée sur l'efficacité énergétique et oubliait parfois la sobriété. L'idée maîtresse de ce projet est de mettre au jour les logiques d'usages que sous-tendent les solutions techniques avancées et de décliner toute innovation à travers des scénarios différents.

Le deuxième projet porte sur « l'effet rebond », effet qui tend à modérer les effets des améliorations de l'efficacité. Il s'agit de comprendre pourquoi les économies d'énergie effectivement réalisées s'avèrent inférieures à celles que les modèles théoriques laissaient espérer. Ce sujet constitue un sujet digne d'intérêt, compte tenu de l'ampleur des bénéfices perdus. Les relations entre énergie, activités et revenus et les déterminants de la consommation seront analysées. L'exemple de la relation mobilité, logement, aménagement du territoire est certes pertinent, mais pas complètement vierge. La méthodologie retenue est centrée sur des enquêtes sociologiques à mener sur les pratiques des ménages, la production de statistiques et la modélisation socio-économique. Le projet est ambitieux, mais suscite plus encore que les autres deux types d'interrogations : celui de la somme de travail mise en regard avec les équivalents temps pleins mobilisables (3 pour l'axe) et celui des compétences présentes dans l'équipe notamment en matière d'acquisition de données qualitatives (un sociologue cognitiviste et une post-doctorante qui par définition n'est pas amenée à rester dans le laboratoire).

Les projets trois et quatre sont consacrés à l'étude des technologies pour améliorer l'efficacité de divers systèmes, pour lutter contre l'intermittence ou récupérer de la chaleur fatale. En particulier, face au caractère intermittent et disséminé des sources d'énergie renouvelables, l'accent est porté sur la redistribution adéquate des approvisionnements afin d'obtenir un approvisionnement énergétique stable. L'approche énergétique envisagée ici n'est pas nouvelle en soit, mais elle est à encourager, car le projet envisage de l'appliquer à des systèmes réels, machines de conversion ORC, photovoltaïque... Cela devra déboucher sur des démonstrateurs, outils de promotion de cette démarche qui est demeurée jusque là trop souvent cantonnée à des approches théoriques. L'usage du changement de phase comme régulateur thermique n'est pas, lui non plus nouveau, mais on considère comme positif d'envisager là encore la mise au point de démonstrateurs qui permettront de chiffrer sur des exemples concrets les performances en terme d'amélioration de l'efficacité (bâtiment, véhicule électrique).

Le projet 5, centré sur « Sobriété énergétique et confort », consistera à analyser la diffusion normative à travers les réagencements langagiers. Il part de l'observation d'un conflit de normes sociales entre les enjeux du confort, tels qu'ils sont compris par les individus dans leur espace intime, et ceux, nouveaux, de la sobriété, conflits qui donnent lieu dans les discours sociaux, à des modifications du champ sémantique de la consommation énergétique privée. Le projet se décompose en deux tâches, tout d'abord l'étude de la diffusion de la norme (un accroissement local de la compétence sociolinguistique), suivi de celle de l'institutionnalisation de la norme et des controverses autour de l'égalité.

## Conclusion

Cet axe 2 est composé de plusieurs thèmes et projets à forte dominante SHS alors que certains projets relèvent des ST. L'intérêt des études proposées réside dans leur capacité à mettre en dialogue les acteurs de différentes disciplines pour repenser la question énergétique. Les recherches menées sont dans l'ensemble de qualité.

La démarche interdisciplinaire du LIED est bien présente dans un certain nombre de projets de l'axe. Par contre dans d'autres, soit des collaborations entre disciplines ne sont pas envisagées, soit des disciplines sont simplement utilisées pour un appoint spécifique (explication technique pour les ST ou « acceptabilité sociale » pour les SHS), présenté comme un recours à une expertise technique.



Il faut bien reconnaître que, tout comme pour l'axe 1, il est cependant judicieux que le LIED mène aussi des projets disciplinaires, comme bases préliminaires de projets interdisciplinaires à venir. A l'inverse, ne pas envisager le développement de cœur de disciplines pourrait s'avérer rapidement dangereux. Le débat de fond sur l'interdisciplinarité sera abordé avec l'axe 3.

Enfin, le nombre de projets proposés est conséquent au regard du nombre de chercheurs impliqués : l'équivalent de 5,2 chercheurs se partagent sur les 16 projets proposés, dont certains nécessitent un travail considérable. Mais la proposition du LIED de hiérarchiser les priorités accordées à ces projets, qui répond à une demande du comité, atténue grandement la portée de cette observation.



### Axe 3

#### Energie et Méthodologie Interdisciplinaire

#### • Appréciations détaillées

Cet axe est consubstantiel aux ambitions du LIED puisqu'il vise à mettre en place un cadre interactif mobilisant toutes les parties prenantes et comprenant tout à la fois des exercices périodiques de réflexion collective (séminaires) et des chantiers « phare », choisis pour leurs aptitudes fortes à décloisonner les disciplines et à structurer la démarche interdisciplinaire.

Le LIED ne se contente donc pas seulement de proclamer son parti pris d'interdisciplinarité, nouvelle doxa du discours politico-scientifique ; il entend la mettre pratiquement en œuvre et, de fait, suscite une forte attente. Cette approche est légitimée et présumée par un objectif commun, à la fois scientifique et pragmatique, vers quoi les forces du laboratoire doivent converger et se potentialiser : la mise au point d'une réflexion, de méthodes, d'outils et de solutions visant à faciliter la transition énergétique.

Il s'agit donc d'abord de trouver les voies et moyens d'une participation active, innovante et de haut niveau à la mise en œuvre d'un nouveau paradigme technologique qui engage tous les secteurs de la science et de la société dans son ensemble. Développer des approches sur des projets communs, c'est favoriser l'interaction par des questionnements réciproques mis au service de la complexité du phénomène énergétique.

Au vu du programme de recherche actuel, les démarches réellement intégratives et transverses sont encore assez rares, ce qui n'est pas surprenant dans la mesure où le présupposé de départ est de ne pas se départir des « principes de l'excellence disciplinaire ». Une sorte de prolégomène épistémologique aurait peut-être permis d'élucider des notions permettant de mieux saisir les limites, par exemple, entre l'interdisciplinarité et la pluridisciplinarité, afin de mieux comprendre les logiques, le cadre et les protocoles des appariements disciplinaires.

Le potentiel d'innovation épistémologique est très important, mais ne se retrouve pour l'instant pas dans certaines distinctions qui renvoient à des schémas anciens ou, à tout le moins, qui sont peu en adéquation avec la volonté affichée de renouveau. Ainsi en est-il de ce qui est annoncé comme étant « un des principes fondateurs du LIED », à savoir la volonté « d'équilibrer recherches fondamentales et applications » (p.10). Cette affirmation semble peu compatible avec l'ambition originale du LIED, à savoir l'émergence et la constitution d'un champ de savoir spécifique où méthodes et technologies à découvrir n'ont plus à être regardées comme la simple résultante de l'application d'un savoir académique décontextualisé.

Le comité d'experts considère que le LIED aurait pu aller plus loin dès ses premiers pas dans l'exploration de la question de savoir comment se fait la science « interdisciplinaire », la science que le LIED prétend faire advenir. Cependant, pour l'avenir, cette dimension méta-science n'a pas du tout été négligée par les concepteurs du projet LIED, bien au contraire, puisque quatre chantiers « phare » figurent dans la programmation des années à venir :

- « Modèles : outil de prospectives et de convergence interdisciplinaire » ;
- « Cinq siècles d'énergies renouvelables : des humanités digitales à la modélisation » ;
- « La réception socio-cognitive des enjeux technologiques » ;
- « Construire l'intelligence collective énergétique : réseaux et bâtiments intelligents ».

Ces quatre chantiers, qui de plus se nourriront les uns les autres, ont clairement les potentialités nécessaires pour faire émerger progressivement une approche multifacettes des phénomènes, dégagée des disciplines.

Le chantier « modèles », dont la vocation est de « créer un outil de dialogue interdisciplinaire », impliquant donc toutes les composantes du LIED, devrait contribuer fortement, s'il est mené à bien, en combinant outils quantitatifs et outils qualitatifs, à la construction d'un espace d'interdisciplinarité. La confrontation incessante des sciences physiques et des sciences de l'ingénieur avec les « éclaireurs sociétaux » que sont les sociologues, les géographes et les historiens est clairement l'une des clés du succès.



Le point dur réside largement dans la complexité de la problématique, mais c'est précisément l'intelligence collective développée dans une optique massivement transverse qui donnera la possibilité d'identifier des réalités latentes structurantes permettant de « séparer les variables » et ainsi de réduire cette complexité.

Le volet « régionalisation du Monde » de ce chantier est indéniablement emblématique de l'apport potentiel d'une telle démarche transverse pour démêler un écheveau et par là même simplifier la problématique énergétique. Il s'agit ici notamment de capitaliser les travaux sur les différentes échelles d'analyse (échelons territoriaux, échelons politiques) qui seront menés dans le cadre des thèmes 3 et 4, ce qui devrait contribuer à mieux décanter la problématique. En cas de succès, la régionalisation obtenue permettra sans nul doute de poser en termes plus opérationnels les questions de géostratégie et de géopolitique.

Le chantier « cinq siècles d'énergies renouvelables » est sans doute emblématique de la place que doivent prendre les SHS au cœur de la démarche interdisciplinaire. En effet, l'histoire, la sociologie et la géographie ont ontologiquement vocation à s'intéresser aux autres sciences, voire à en faire des objets de recherches. D'ailleurs, ce chantier est porté par un historien qui a réussi à faire comprendre aux autres disciplines l'apport que peut représenter la démarche historique pour la compréhension du phénomène énergétique. Il a aussi fait comprendre que l'histoire ne s'écrit qu'au présent, pour le présent, en montrant que l'histoire du Moyen-âge a tout intérêt à faire fond mimétiquement sur les méthodes et outils heuristiques mis au point par les autres sciences (comme la création d'un SIG intelligent et de bibliothèques digitales géo-référencées pour rendre compte des logiques d'implantation des moulins en région parisienne).

Le chantier « réception cognitive des technologies énergétiques », qui vise à identifier les heuristiques trompeuses dans les argumentaires tenus par les différents acteurs, va dans le même sens : se donner les moyens conceptuels et méthodologiques de mieux poser le problème de la transition énergétique.

Le chantier « intelligence collective énergétique », en mettant en œuvre une approche « système », montre également bien la direction avec comme question de fond : comment faire émerger une véritable sobriété énergétique en tenant compte étroitement des interactions homme/machine? Le but est ici de construire des modèles d'intelligence collective pour des machines et des bâtiments en réseau et en interaction avec les humains usagers et producteurs.

Pour aborder cette question, l'interdisciplinarité est mise au cœur de la méthodologie proposée. Il s'agit une démarche empirique basée sur des études socio-ethnographiques. Chaque discipline apporte son approche pour construire des objets communs de recherche. Il en résulte une modélisation de type systèmes dynamiques complexes décrivant l'émergence de structures sociotechniques résultant des interactions locales entre humains et machines. Le projet propose également la modélisation bio-inspirée (à base d'heuristique et d'agents) soit utilisée comme voie interdisciplinaire de la prise en compte des interactions sociales entre humains et machines intelligentes en réseaux.

Sur un plan général, la démarche interdisciplinaire n'est pas sans risque, mais la volonté d'inscrire la question énergétique dans une dynamique, historique, géopolitique, sociale et territoriale, et de faire toute leur place aux enjeux des représentations et de la réception socio-cognitive des technologies de l'énergie, devrait conjurer le principal d'entre eux : une instrumentalisation des disciplines entre elles.

Le grand intérêt du projet LIED vient de ce que les sciences humaines et sociales ne sont pas considérées comme un simple supplément d'âme et réduites à des questions d'acceptabilité sociale. C'est dans ce respect mutuel que peut naître le fructueux dialogue recherché.

## Conclusion

L'axe « Energie et méthodologie interdisciplinaire » est certainement névralgique dans le programme d'ensemble du LIED, au sens où le succès d'ensemble en dépendra très largement. Il ne faut pas se le cacher, les quatre chantiers structurants envisagés représentent un investissement global très lourd car le degré de complexité de la phénoménologie est ici extrême. En effet, la transition énergétique, qui correspond déjà à une rupture profonde, doit s'effectuer dans un monde doublement en pleine recomposition : 1) Politique, avec la montée en puissance rapide des pays émergents. 2) Economique, avec la nécessité désormais de s'organiser autour d'énergies et de matières premières minérales rares et chères. Les conditions d'une transition énergétique réussie supposent donc de concilier de nombreuses contraintes très fortes.



Les principales recommandations sont les suivantes, conçues pour faire face aux inévitables difficultés insoupçonnées à ce stade et assurer les meilleures chances de succès à terme :

- Gouvernance :

Au plan de la gouvernance, il sera souhaitable de conforter un management de haut niveau, capable en permanence de remettre les choses en perspective, et si possible dégagé de charges statutaires. Cela paraît indispensable pour encadrer l'avancement des quatre chantiers « phare », qui connaîtront par la force des choses des hauts et des bas. Les défis sont nombreux dont celui de lutter à tout moment contre la subjectivité, tant la partialité que l'arbitraire, ou celui de laisser toute sa place à l'incertitude, tant le long terme est par nature spéculatif.

- Méthodologie :

La présence de « médiateurs/acteurs », avec donc un profil ad hoc, capables à la fois d'instiller les conditions de la fertilisation croisée et de capitaliser les retours d'expérience, pourrait être très bénéfique à la dynamique d'ensemble. De même, à côté des modèles, un outil fort utile semble négligé, les analyses de cycle de vie (ACV) : l'investissement direct sur un sujet aussi technique serait beaucoup trop lourd, mais un partenariat avec un laboratoire à la pointe dans le domaine serait également très bénéfique, en premier lieu pour mettre en perspective les enjeux.

- Politique :

Etant donné la lourdeur de l'investissement, il serait sans doute judicieux assez rapidement d'élargir le partenariat international à d'autres équipes, afin de disposer d'une force de frappe supérieure et de l'expérience accumulée dans d'autres contextes nationaux.

Sur un plan plus fondamental, il s'agit en fait de contribuer au développement d'une science interdisciplinaire « rupture/transition » en prenant en compte l'ensemble des contraintes et l'ensemble des risques systémiques liés. Peut-être serait-il judicieux de susciter la création d'un pôle français de recherche « rupture/transition » dont les résultats pourraient en retour nourrir à différents niveaux les projets en propre du LIED.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 11 février 2013 à 13h00

Fin : 12 février 2013 à 17h00

### Déroulement ou programme de visite :

#### **Lundi 11 février 2013**

- 13:00 - 14:00 Réunion à huis clos du comité : membres du Comité
- 14:00 - 15:00 Présentation du LIED  
30' exposé, 30' discussion Plénière M. Hassan PEERHOSSAINI (Energéticien)
- 15:00-15:40 Champignons et énergie : de la recherche fondamentale aux enjeux territoriaux (thématiques 1, 3 et 4)  
25' exposé, 15' discussion Plénière M. Philippe SILAR (Biologiste)
- 15:40- 16:20 Efficacité énergétique, modes de consommation et imaginaire social (thématiques 2, 5 et 6)  
25' exposé, 15' discussion Plénière M. Christophe GOUPIL (Physicien)
- 16:20-16:40 Pause café Comité et membres du LIED
- 16:40-17:25 45' Visite des laboratoires M. Luc VALENTIN (Physicien)
- 17:25-18:05 Construire l'intelligence collective énergétique : réseaux et bâtiments intelligents (thématiques: 8, 7, 9)  
25' exposé, 15' discussion Plénière M. José HALLOY (Physicien - modélisateur)
- 18 :05-18:20 Master : Approche Interdisciplinaire des Energies de Demain (AIED) M. Benjamin THIRIA (Physicien)
- 18:20-19:00 Réunion à huis clos du comité Exposé Membres du Comité

#### **Mardi 12 février 2013**

- 8:45 Accueil café Comité et membres du LIED
- 9:00 - 9:35 Cinq siècles d'énergies renouvelables : des humanités digitales à la modélisation (thématiques 3, 7 et 9)  
20' exposé, 15' discussion Plénière M. Mathieu ARNOUX (Historien)
- 9:35 -10:15 Les enjeux sociocognitifs des technologies de l'énergie (thématiques 4 et 5)  
25' exposé, 15' discussion Plénière M. Gérald BRONNER (Sociologue)
- 10:15-11:00 45' visite des laboratoires  
M. Luc VALENTIN (Physicien)
- 11h00-11h15 Pause café Comité et membres du LIED
- 11:15- 11:45 Rencontre avec les doctorants Membres du comité et les doctorants
- 11:45-12:15 Rencontre avec les C, E/C et consultants Membres du comité et les C, E/C et consultants



12:15 -12:30	Rencontre avec les ITA/IATOS Membres du comité et les ITA/IATOS
12:30-14:00	Déjeuner Comité et membres du LIED
14h00-15h00	Rencontre avec les tutelles Membres du comité et les tutelles
15h00-15h30	Rencontre avec la direction Membres du comité et la direction
15:30-17:00	Réunion à huis clos du comité Membres du Comité
17:00	Fin



## 6 • Statistiques par domaine : ST au 10/06/2013

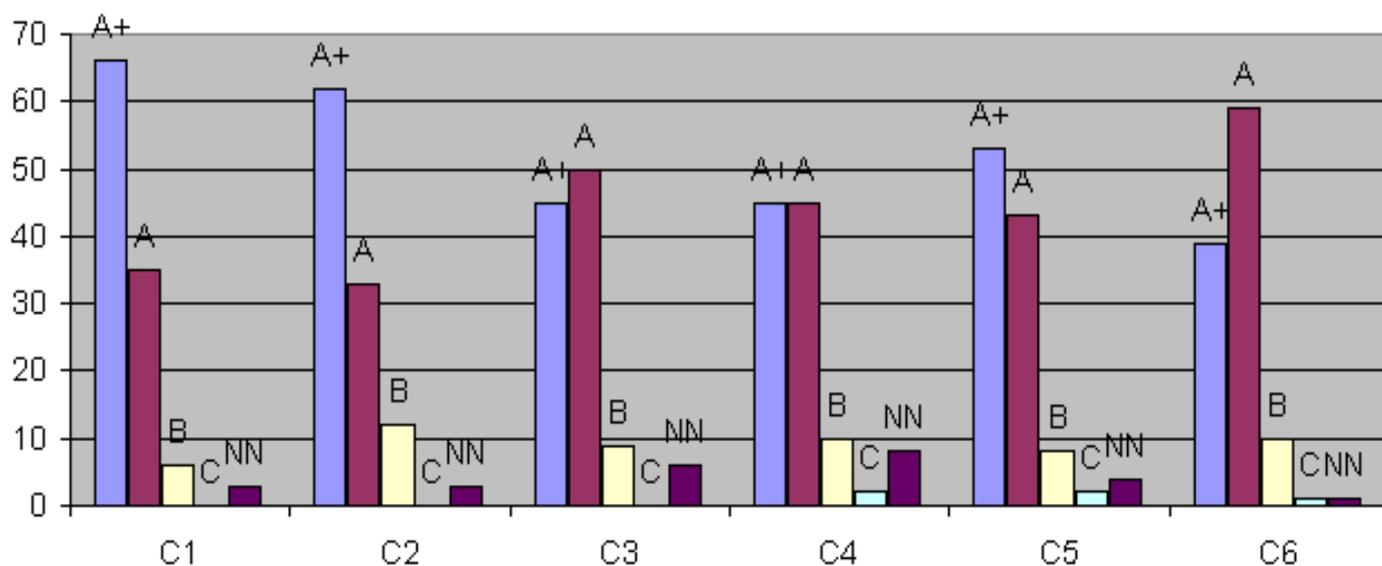
### Notes

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	66	62	45	45	53	39
A	35	33	50	45	43	59
B	6	12	9	10	8	10
C	0	0	0	2	2	1
Non Noté	3	3	6	8	4	1

### Pourcentages

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	60%	56%	41%	41%	48%	35%
A	32%	30%	45%	41%	39%	54%
B	5%	11%	8%	9%	7%	9%
C	0%	0%	0%	2%	2%	1%
Non Noté	3%	3%	5%	7%	4%	1%

Domaine ST - Répartition des notes par critère





## 7 • Observations générales des tutelles

Le Président

P/VB/RL/NC/YM – 2013 - 125  
Paris, le 29 avril 2013

M. Pierre Glaudes  
Directeur de la section des unités de l'AERES  
20 rue Vivienne  
75002 PARIS

**S2PURI40006413 - Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain -  
LIED - 0751723R**

Monsieur le Directeur,

Je tiens, en premier lieu, à remercier les membres du comité de visite de l'AERES pour la production du rapport sur la situation du Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain (LIED), rapport très élogieux, qui souligne la très grande qualité de la recherche qui y est produite, attestée par le haut niveau qualitatif et quantitatif des publications, son attractivité, et sa capacité à nourrir des partenariats avec le monde industriel.

L'Université et le CNRS réfléchiront ensemble aux moyens à mobiliser pour soutenir la dynamique engagée au sein de l'unité, y compris à l'international, et permettre l'épanouissement d'un projet scientifique interdisciplinaire qui se situe au cœur d'un des plus grands défis de nos sociétés, celui de la transition énergétique.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de toute ma considération.

Vincent Berger

Le lied souhaite fournir deux éléments de réponse aux questions posées dans son rapport d'évaluation par l'AERES.

1) Pour des raisons administratives, la création du M2 E2S du master AIED a été reportée à la rentrée 2013. Nous pouvons néanmoins préciser que les débouchés attendus pour cette formation sont nombreux, suite aux discussions que nous avons eues en 2011 avec les entreprises et l'ADEME qui le soutiennent (nous tenons à la disposition de tous leurs lettres de soutien). Toutes proposent un large éventail de débouchés et mettent l'accent sur la nécessité de recruter rapidement des étudiants ainsi formés, tout particulièrement dans le domaine de l'aide à la décision. Le suivi des étudiants de E2S aura la qualité de celui mis en pratique par IPE, autre M2 de AIED pour lequel tous les étudiants sont directement embauchés à l'issue de leur contrat d'apprentissage, à l'exception bien évidemment de ceux qui entreprennent une thèse dans les laboratoires universitaires.

2) Comme clairement souligné dans le rapport d'évaluation, le LIED s'est constitué *ex nihilo* par rassemblement de membres particulièrement reconnus, chacun dans sa discipline, mais désireux de mener à bien l'aventure qu'ils jugent pionnière de ce laboratoire. Partant de cette riche interdisciplinarité, tous souhaitent produire de l'interdisciplinarité en marchant, c'est à dire innover sous la critique constructive venant de l'axe "Energies et méthodologie interdisciplinaire".



Hassan Peerhossaini  
Directeur du LIED