

---

# UNIVERSITE PARIS-SACLAY

ECOLE DOCTORALE N° 578 SHS — Sciences de l'Homme et de la Société

## RAPPORT DE SOUTENANCE : THESE DE DOCTORAT

---

**DOCTORANT : MONSIEUR RICHARD LOIRET**

**Thèse : LE BILAN ECOLOGIQUE. MESURER LA PERTURBATION ANTHROPOGENIQUE DE L'ECOSPHERE ET DE LA BIOSPHERE (UN BILAN DE L'ANTHROPOCENE).**

**CARACTERISER LES VOIES DU DEVELOPPEMENT ECOLOGIQUE DES TERRITOIRES.**

La soutenance a eu lieu à 10h00, le mardi 27 janvier 2016,  
Au sein du Centre international REEDS, Bâtiment Aile Sud,  
Bergerie nationale, Rambouillet, France

### **COMPOSITION DU JURY :**

- ◆ **Dr. Peter HOBSON**, Principal Lecturer & Reader in Biodiversity & Sustainability, Co-Director of Centre for Ecomics & Ecosystem Management, Writtle College, UK — Rapporteur.
- ◆ **Prof. Franck-Dominique VIVIEN**, Professeur en sciences économiques à l'Université de Riems, FRANCE — Rapporteur.
- ◆ **Prof. Sylvie FAUCHEUX**, Professeur des Universités en sciences économiques, au Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, FRANCE — Examineur.
- ◆ **Dr. Jean-Marc DOUGUET**, Maître de Conférences HDR, Centre international REEDS, Université de Paris Saclay, FRANCE — Examineur.
- ◆ **Prof. Pierre IBISCH**, Professor for Nature Conservation, Centre for Ecomics and Ecosystem Management, Faculty for Forest and Environment, Eberswalde University for Sustainable Development, ALLEMAGNE — Examineur ; *Président de la séance de soutenance*.
- ◆ **Prof. Martin O'CONNOR**, Professeur des Universités en Sciences économiques, Université Paris Saclay. Directeur de REEDS (Centre international de Recherches pour l'Économie Écologique, l'Éco-innovation et l'ingénierie du Développement Soutenable), UVSQ, Rambouillet, France — Directeur de thèse.

### ***La présidence de la séance est assurée par le Professeur Pierre IBISH.***

*La soutenance démarre à 10h15. Professeur Pierre IBISH est élu président du jury pour la séance de soutenance. Le Professeur Martin O'Connor, directeur de thèse, remercie les collègues présents pour la soutenance (qui sera vraisemblablement la dernière dans les locaux du Centre international REEDS à Rambouillet) et expose au public la composition international du jury. Il explique que le **Professeur Peter HOBSON**, spécialiste de systèmes écologiques et l'un des rapporteurs sur la thèse, est récemment sorti de l'hôpital au Royaume-Uni et ne sera pas présent physiquement à la soutenance. Le **Dr. Jean-Louis WEBER**, spécialiste de la comptabilité environnementale et préconisé comme l'un des examinateurs, n'a pas pu lui-même se libérer pour la journée et, ne participe donc pas à la soutenance.*

*Après introductions des membres du jury présents. le président de la séance (Professeur Pierre IBISH) invite le candidat, Monsieur Richard LOIRET, à présenter les fruits de son travail doctoral.*

**Monsieur Richard LOIRET** expose oralement les grandes lignes de son travail autour du « Bilan écologique », à l'aide d'une présentation PowerPoint très riche et didactique. Il explique en préambule le contexte académique et institutionnel de sa thèse et, notamment, son parcours atypique. Le travail se caractérise, d'une part par sa volonté et son éventail interdisciplinaire et, d'autre part par sa volonté d'une rigueur dans l'analyse quantitative du territoire. Le défi est de motiver cette dernière (l'analyse territoriale) par la première (histoire de la pensée et développements méthodologiques). Le résultat, la confrontation d'un « actif » territorial avec un « passif » en termes d'exergie pour l'activité économique du territoire, est présenté dans l'ambition d'avoir concilié les considérations de rigueur conceptuelle et de pertinence didactique. Globalement, la thèse se présente donc comme une recherche — théorique et empirique — sur la notion d'« actif écologique ». Richard LOIRET développe ensuite sa présentation en trois mouvements.

- ◆ La vision thermodynamique des systèmes ouverts et de la Biosphère — Il s'agit du Chapitre 1 qui constitue la 1<sup>ère</sup> Partie de la thèse, et aussi le long Chapitre 2 dans la 2<sup>ème</sup> partie de la thèse) ;
- ◆ La question des mesures de la « biocapacité » d'un territoire, informées par la thermodynamique (exergie etc.) et la statistique (notions de diversité) — Il s'agit du Chapitre 3 encore au sein de la 2<sup>ème</sup> Partie de la thèse ;
- ◆ L'application sur un territoire en forme de cas d'école expérimental — les Chapitres 4, 5 et 6, qui constituent la 3<sup>ème</sup> Partie de la thèse.

La dimension théorique (qui s'exprime principalement dans les Chapitres 1 et 2), tourne autour de la double problématique de, d'une part, la lecture énergétique de la nature et de son travail et, d'autre part, la spécificité du vivant comme un actif/acteur de territoire. Après quelques gestes aux Physiocrates, on fraye un passage depuis la controverse opposant Sergueï Podolinsky à Friedrich Engels et Karl Marx jusqu'aux écrits contemporains sur les écosystèmes et l'écologie (dont les travaux relatifs à l'éco-exergie de S.E. Jørgensen), en passant par les travaux de Lotka et de Vernadsky — ce dernier considéré comme la pierre angulaire de « l'école russe de la directionnalité ». Cette mise en scène conceptuelle motive ensuite (dans le Chapitre 3), la définition d'une mesure concrète de l'énergie bio-géo-chimique qui caractérise le vivant d'un territoire et de la « pression de diversité » qui, ensemble, constitue donc l'« actif écologique » — la partie positive du « bilan écologique ». Cet indicateur (désigné Ka) qui mesure la diversité structurale d'un écosystème ou d'un territoire, est exposé en référence dialectique avec d'autres concepts et indices « d'ordre » et de capacités des écosystèmes.

La dimension empirique consiste (Chapitres 5, 6 et 7) en l'estimation de cet « actif écologique » pour un territoire spécifique présentant des caractéristiques intéressantes en termes de développement économique et de pressions sur la biodiversité : le territoire du Parc naturel régional des Préalpes d'Azur (PNRPA). L'actif écologique tel que défini dans la thèse, est à comparer avec le « passif écologique » du même territoire, une estimation — selon des procédures relativement connues (mais ardues dans l'application) — des flux annuels de consommation et de transformation d'exergie par la population du territoire considéré. Le travail s'achève (dans le Chapitre 7) avec la présentation et la discussion du « bilan écologique » — la comparaison entre « actif » et « passif ». Plusieurs variations du « Bilan écologique » sont proposées (selon des procédures différentes et plus ou moins agrégées) avec des suggestions sur leurs pertinences respectives en analyse systémique, aide à la décision, prospective territoriale...

*Le président de la séance (**Professeur IBISCH**) remercie Richard LOIRET pour sa présentation lumineuse et il invite ensuite à la présentation des deux rapports externes sur la thèse.*

**Professeur Franck-Dominique VIVIEN** (sciences économiques, France, et spécialiste notamment de l'usage de la thermodynamique dans l'économie écologique) prend la parole. Après avoir situé le travail de Richard LOIRET dans le courant d'économie écologique que représente les C3E, C3ED et aujourd'hui REEDS, il commente sa richesse et sa structuration, de l'histoire de la pensée (thermodynamique, Biosphère) comparativement aux préoccupations actuelles pour des indicateurs du développement durable.

La thèse de Richard LOIRET vise, comme il l'a exposé, à construire le « *bilan écologique* » des relations établies entre les activités humaines et la nature en vue de dessiner l'espace d'un développement écologique, autrement appelé, en référence à Ignacy Sachs, écodéveloppement. C'est après avoir constaté en la matière les failles de l'empreinte écologique, un indicateur désormais très connu, proposé initialement au cours des années 1990 par W.E. Rees et M. Wackernagel, qui a fait l'objet d'une première recherche de Richard Loiret dans la deuxième moitié des années 2000, que ce dernier a réorienté sa réflexion et a cherché à appréhender l'accumulation énergétique réalisée par la vie sur Terre et la manière dont celle-ci est perturbée par les activités humaines. Il s'agit donc d'un travail ardu, de longue haleine, qui s'appuie une très grande quantité de matériaux et qui a nécessité la convocation de nombreuses disciplines. Il a une portée théorique forte, souvent très abstraite, tout en s'inscrivant dans la perspective de questions concrètes, notamment celles relatives à la gestion des espaces protégés.

Pour le Professeur VIVIEN, si certains points de la construction de la thèse mériteraient d'être discutée (exemples : le petit chapitre 4 qui fait trois pages ; les allers et retours conceptuels entre différents chapitres avec des nombreuses répétitions ; l'intrusion trop fréquente de la voix de l'auteur...), sur le fond la démarche de l'auteur est rigoureuse et il mène sa démonstration pas à pas. Il s'agit d'une recherche extrêmement ambitieuse, qui s'inscrit visiblement dans la tradition des travaux menés au sein du C3E-C3ED-REEDS, qui se sont intéressés aux perspectives interdisciplinaires en économie-écologique (dont l'apport de la thermodynamique et des calculs énergétiques), et aux prolongations dans l'aide à la décision. La thèse comporte aussi une importante partie d'histoire des idées, ce qui permet de mettre en perspective cette recherche vis-à-vis des débats récurrents, et de longue date, en économie et dans les sciences naturelles, quant à la façon de rendre compte du « travail » de la nature et de confronter celui-ci à l'activité productive des hommes. Sur la base de cette appréciation globale, le Professeur Franck-Dominique VIVIEN soulève trois points spécifiques de questionnement.

Premièrement, quelle serait l'opportunité d'une adaptation de l'approche systémique de la thèse (bilan énergétique, confrontation de l'actif et du passif d'un territoire etc.) pour une analyse de l'engouement actuel pour un certain type de « *bioéconomie* », ceci au sens de la mobilisation des ressources de la biomasse pour se substituer aux énergies fossiles, du développement d'une économie du carbone renouvelable ( permettant de produire des carburants, des matériaux ou des composés pour la chimie... ? Serait-il possible de positionner celui-ci vis-à-vis de l'indicateur plus connu de l'économiste écologique qu'est l'appropriation humaine de la productivité primaire nette (ahnp) ?

Deuxièmement, il veut soulever l'intérêt de la comptabilité (en économie-écologique) qui est un des axes méthodologique de travail de la thèse mais qui, un peu paradoxalement, n'y apparaît pas de manière frontale, mais souvent de manière ponctuelle ou en filigrane. La comptabilité est pourtant la matrice de la thermodynamique aussi bien que — bien évidemment — de la comptabilité nationale macroéconomique et du « bilan écologique » qui est au cœur de la thèse. On aurait pu inscrire plus explicitement la recherche de la thèse dans cette autre histoire des idées, en faisant le lien entre les différents cadres comptables et leurs objectifs pour informer des objectifs politico-économiques (performance industrielle, durabilité territoriale, etc.). La question, en effet, est une des vertus « communicationnelles » du « bilan écologique » proposé dans la thèse.

Troisièmement, s'agissant d'écologie et de relation avec l'économie, la thèse affiche très clairement son ambition pour contribuer à la lecture *systémique* des interactions entre les sociétés humaines et la nature (par exemple, sur les notions de biosphère, d'écosphère, p. 235 et suivantes). A ce propos, un des termes utilisés — peu, il est vrai (p. 374, par exemple), mais qui figure dans le titre dans la thèse et à son final — n'est pas défini : celui d'Anthropocène, dont on comprend *in fine* qu'il s'agit de faire le bilan. Comment se définit cette notion ? Comme s'articule-t-elle avec les autres concepts travaillés dans la thèse ?

*Richard LOIRET répond successivement aux questions posées par le Professeur VIVIEN. Si la protection de la biodiversité a été l'un des points de référence pour son argumentaire, cela est à comprendre en termes de l'enjeu de l'entretien et de l'évolution de la capacité 'REDOX' du vivant dans la Biosphère. La question de l'opportunité et des dangers/illusions d'une « bioéconomie » est donc bien présente dans sa réflexion et, il*

aurait peut-être pu tirer quelques exemples en agronomie et gestion de déchets de ses travaux pendant les années 1980 et 1990. Mais ces aspects n'ont pas été développés dans la thèse et, cela reste donc un domaine à approfondir. Sur la comptabilité comme fil dans l'histoire de la pensée, l'invitation à Jean-Louis WEBER (comme membre du jury) montre la reconnaissance de l'importance de cette facette de la thèse, même si lui-même ne se compte pas comme spécialiste. Quant à l'aide à la décision, il s'agissait bien évidemment de l'ambition du programme doctoral envers le PNR de la région PACA. Il est clair que la traduction des idées complexes sur des cycles bio-géo-chimiques vers des préoccupations très circonstanciées de l'administration territoriale n'est finalement pas une chose simple. Sur le débat actuel sur « l'Anthropocène », cela aurait pu être discuté mais, il est peut-être mieux à considérer comme point de repère dans la valorisation de la thèse ?

Professeur VIVIEN se déclare satisfait des réponses du candidat. En l'absence du deuxième rapporteur (le Professeur Peter HOBSON), les grandes lignes de son rapport sur la thèse sont, à l'invitation du président du jury (Professor IBISCH), présentées en traduction française par le Professeur Martin O'CONNOR.

Pour le **Professeur Peter HOBSON**, la thèse de Richard LOIRET constitue un effort remarquable de mise en relation des champs d'analyse en sciences économiques, systémique et écologie. Cela nécessite parfois de faire des grands écarts et de développer des capacités hors norme de lecture interdisciplinaire... Dans son ensemble, la thèse effectue une discussion soignée de plusieurs champs, à la fois historiques et méthodologiques, au sein d'une vaste problématique intellectuelle — celle de la *directionnalité* ou non de la vie et de l'activité économique et, des indices pour observer cette directionnalité (y compris la « soutenabilité écologique » ou non d'une société humaine), sans pouvoir tout résoudre. Richard LOIRET propose, sur la base de sa revue approfondie de la littérature scientifique, une procédure de définition et d'estimation des indices pour caractériser les systèmes économiques *par rapport* à leur environnement biophysique. Cette procédure, sans tout résoudre, porte des éclaircissements importants par rapport aux efforts précédents (par exemple Jorgensen, le Global Footprint Network, parmi d'autres). Tout cela, pour le Professeur HOBSON, justifie très largement l'attribution du diplôme de doctorat à l'auteur de la thèse.

Dans son rapport, le Professeur HOBSON communique de nombreuses observations spécifiques sur des points de détail de la thèse, et aussi une interrogation plus synthétique sur la problématique globale de la thèse. Une résolution des questions conceptuelles est, bien évidemment, un préalable pour toute tentative de mesure empirique. A ce propos, il pense que Richard LOIRET se préoccupe un peu trop de la « contradiction » entre « production d'entropie » et « plus de vie ». Car, justement, il est plus intéressant de s'interroger sur le défi de la caractérisation en termes d'exergie (REDOX, stockage et dissipation etc.) de la diversité de sous-systèmes au sein de la Biosphère et de leur changement — des systèmes 'naturels' jusqu'aux écosystèmes modifiés par l'homme, voire 'artificiels' (dont les villes et les infrastructures des sociétés humaines). Pour Peter HOBSON, la question qui le tracasse est : Peut-on espérer un 'indice' fiable de (non) soutenabilité — en termes notamment du « bilan » entre 'RED' et 'OX' pour un territoire — devant les contingences de changement dans des systèmes complexes ? Il y a, parmi d'autres, le problème — reconnu dans la thèse — de différentes échelles d'organisation et d'analyse. Il y a la question des « effets émergents » qui peuvent modifier les rôles de différents composants d'un système suite à l'innovation technologique (par exemple la génie génétique ?) ou à un changement d'organisation à une échelle supérieure. Des éclaircissements sont nécessaires autour des différents usages des concepts « ordre » et « désordre », relatifs aux concepts de capacité (lié par exemple à l'exergie) mais aussi de 'valeur' ou d'importance sociétale... Ceci en lien avec les notions de « directionnalité » — de Vernadsky et d'autres — qui seraient sous-jacentes à des indices de « progrès ». Quelles sont les présupposés (ou les propriétés de système) permettant — ou non — d'établir des indices sans ambiguïté de *direction* (en termes d'ordre, de biocapacité etc.) pour une société, pour un territoire, pour la Biosphère, pour l'Humanité ? Pour le Professeur HOBSON, la thèse de Richard LOIRET porte, avec sa vision systémique et sa tentative de quantification (le « bilan » entre 'RED' et 'OX' pour un territoire...), une contribution originale majeure, à la fois conceptuelle et méthodologique, sans avoir résolu toutes les questions qui se posent.

*Richard LOIRET remercie le Professeur HOBSON pour ses commentaires détaillés sur sa thèse. Il répond brièvement aux principales questions posées dans son rapport. Sur la caractérisation des systèmes en termes 'REDOX', cela remonte bien évidemment à l'émergence même de la « Biosphère » et ensuite de son développement, de sa « complexification ». On peut dire que chaque espèce, chaque organisme a son propre profil RED/OX. Mais aussi, il y a une « augmentation » d'échelle, un peu en spirale, par intégration des couches successives de REDOX. On est donc confronté dès le départ par la question des échelles et, aussi par la question de l'émergence (car, l'histoire de la Biosphère n'est pas d'une invariance mais de nouvelles variations, souvent de plus en plus complexes, des capacités de production REDOX...). Par conséquent, pour une caractérisation de capacité ou de dépassement, il est nécessaire de déterminer le périmètre de l'analyse — les types de processus et les temporalités aussi bien que le périmètre spatial, territorial, etc. Les effets émergents sont une limite intrinsèque pour l'analyse (il faudrait ou bien les anticiper, ou bien agir comme s'ils n'existaient pas...). RL croit, dans sa thèse, avoir contribué à la formulation de concepts et à la définition d'indices ayant une utilité pragmatique. Cela nécessite sans doute, des discussions encore sur les limites théoriques et les difficultés de mesure empiriques (en lien avec, parmi d'autres, la question des différentes échelles d'analyse, des différentes catégories/sources d'exergie, etc.).*

*Le président de la séance (Professeur IBISCH) remercie Richard LOIRET pour ses réponses qui sont jugées claires et satisfaisantes par les membres du jury présents, et invite ensuite les commentaires et questions par les examinateurs membres du jury.*

**Dr. Jean-Marc DOUGUET** prend la parole. Il exprime son grand intérêt pour les enseignements de la thèse, dont la lecture lui ouvre des portes sur une histoire de la pensée en économie écologique dont il ignore encore trop. Travaillant lui-même sur la question de « l'empreinte écologique » d'un territoire — et de la comparaison des « actifs » et des « passifs » d'un territoire dans une perspective multidimensionnelle — il s'intéresse tout particulièrement à la solution que porte Richard LOIRET pour l'estimation d'une valeur en exergie de l'actif vivant comme indice de la potentialité d'écodéveloppement d'un territoire. Cependant, la thèse, très riche, n'est pas toujours facile à lire. Pour Jean-Marc DOUGUET, il y a parfois des présupposés (ou des connaissances tacites ?) qui ne sont pas accessibles au lecteur. Par exemples : le concept de l'écodéveloppement (qui, paradoxalement, n'est pas explicitement caractérisé dans la thèse) ; ou, les « limites » du concept d'EE (tel exploité par le GFN) tandis que, la « recette » du GFN n'est pas exposée de manière détaillée pour référence dans la thèse. Ces lacunes ne mettent pas en cause la valeur de la thèse mais, elles peuvent nuire à son accessibilité pour des collègues pouvant en bénéficier.

*Richard LOIRET répond brièvement à certains des points soulevés par Jean-Marc DOUGUET. Il a été difficile de décider la structure et les contenus de la thèse pour sa rédaction finale. Ses exposés détaillés des « recettes » de l'Ecological Footprint utilisées par le GFN, se trouvent dans des documents de travail qui sont disponibles (Cahiers et Rapports de Recherche de REEDS). Cependant il est vrai qu'il y a finalement peu de détail dans la thèse elle-même. Sur l'écodéveloppement, il ne faut pas se limiter à la seule littérature depuis les années 1970 notamment par Ignacy Sachs. L'écodéveloppement est, pour RL, un concept systémique comme déjà avancé par Podolinsky, une vision de « productivité conjointe » (et le défi de sa durabilité) de l'homme avec la nature. La nature est capable « d'accumuler » l'énergie en formes utiles, que l'homme s'empresse ensuite de dissiper. Pour un écodéveloppement il faut retrouver l'équilibre... Cela amène à proposer, parmi d'autres principes, de « cultiver » la biodiversité, afin d'entretenir en connaissance de cause les structures de capacité nécessaires pour les activités des sociétés humaines.*

*Jean-Marc DOUGUET s'exprime très satisfait des réponses par Richard LOIRET et, le président de la séance donne ensuite la parole à Mme le Professeur Sylvie FAUCHEUX.*

**Mme le Professeur Sylvie FAUCHEUX** félicite le candidat pour l'ambition de son travail et, plus particulièrement, pour sa volonté de situer sa contribution en économie écologique dans son contexte de

l'histoire de la pensée. Vu son propre héritage avec l'ancien C3E et puis le C3ED, il est bien évidemment très agréable de voir que l'inspiration de René PASSET pour allier systémique et sciences économique pour aborder les défis du développement durable a jouée un rôle fondateur dans la démarche de Richard LOIRET. Elle a trois observations principales sur la thèse avec des questions au candidat (qui pour une partie ont déjà obtenu des réponses pendant les échanges avec Franck-Dominique VIVIEN et Jean-Marc DOUGUET).

Premièrement, sur l'effort de positionner l'argumentaire de la thèse dans l'histoire de la pensée économique. On parle aujourd'hui du « capital naturel » et, dans la thèse, de la biodiversité comme un actif d'un territoire. Est-ce que l'on retrouve tout simplement l'argument des Physiocrates, pour qui « c'est la terre qui produit toutes les choses » ? Elle ne pense pas. Qu'est-ce qu'il y a qui change, depuis 3 siècles, par rapport à cette vision des Physiocrates ? Quelles sont, ou seraient, les « leçons » clés que Richard LOIRET voudrait faire sortir, pour orienter aujourd'hui des politiques de « développement durable territorial » ?

Deuxième, et peut-être liée à l'une des questions posées par Professeur Franck-Dominique, comment articuler la démarche de « comptabilité » de l'actif/passif, avec des questions centrales de l'économie politique classique : la régulation sociétale/politique de l'usage des « richesses de la terre » et, la viabilité (ou non) d'un système économique dans le temps ; et enfin la répartition des « bénéfiques » (du « surplus » dans le langage des classiques) ?

Troisièmement, pour revenir sur l'actualité, quelles sont les leçons de votre travail pour orienter les politiques et priorités de « l'économie circulaire » comme proposée aujourd'hui en Europe et pour des territoires français ?

*Richard LOIRET exprime sa grande satisfaction d'avoir pu engager son programme d'études doctorales dans la tradition du Professeur René PASSET avec notamment le soutien de Mme le Professeur Fauchaux et, l'encadrement de Martin O'Connor. Puis il répond à chacune des questions posées. Sur l'histoire de la pensée en économie écologique il a en effet déjà apporté quelques éléments de réponse aux questions de Jean-Marc Douguet. Par rapport aux Physiocrates et Classiques, on est confrontés aujourd'hui à des « limites » planétaires. Mais ceci n'est pas une découverte de la fin de 20<sup>ème</sup> siècle. Dans sa thèse il a essayé de montrer comment les concepts de la comptabilité énergétique issus de la thermodynamique du 19<sup>ème</sup> siècle ont déjà permis à Podolinsky d'articuler — même si imparfaitement — sa vision de la problématique d'un « écodéveloppement » en termes d'un équilibre entre stockage et dissipation d'énergie libre. L'opportunité d'une synthèse entre économie politique et analyse énergétique était là mais, comme il l'a montré, le dialogue entre Podolinsky, Marx et Engels a dérapé. Puis, cette vision fut scientifiquement enrichie par l'analyse de Vernadsky et d'autres des structures et cycles de transformation bio-géo-chimiques de la Biosphère — à l'échelle planétaire. Des barrières politiques et de langue ont fait en sorte que cette ressource intellectuelle reste peu connue et non-exploitée pendant plus de 50 ans. Dans le monde anglo-saxon les discussions autour du concept de l'écosystème se développent pendant le 20<sup>ème</sup> siècle mais, la 'Biosphère' de Vernadsky ne se fait traduite en anglais qu'à la fin des années 1980. Tout cela aurait pu contribuer aux débuts de l'économie écologique (les années 1990) pour une vision des capacités de la Biosphère bien plus riche et dynamique que les notions de « stock » de capital naturel et de « capacité de charge » qui sont alors devenus courants. C'est ce qu'il a voulu montrer dans la 1<sup>ère</sup> Partie de sa thèse. Pour les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> questions, il rajouterait la perspective d'une modélisation/comptabilité multi-période des structures et cycles de transformation bio-géo-chimiques de la Biosphère. Cela serait très ambitieux si empirique. La vision d'une économie circulaire devrait être fortement complétée par la vision systémique des cycles de transformation bio-géo-chimiques et, il aurait peut-être pu tirer quelques bons exemples de ses propres expériences en agronomie et gestion de déchets depuis les années 1990. Mais ces aspects n'ont pas été développés dans la thèse.*

Le président de la séance, le **Professeur Pierre IBISCH**, prend à son tour la parole en tant qu'examinateur. Lui aussi, il offre ses congratulations pour un travail très riche. L'histoire de la pensée a une grande valeur

et, la perspective systémique pour la réflexion autour du concept de l'empreinte écologique lui paraît très pertinente. Dans ses observations sur la thèse, il se trouve obligé de revenir pour une partie sur des points déjà discutés, notamment dans le cadre du rapport de son collègue Peter HOBSON. En résumé, il pose trois questions pour discussion : (1) Quels sont les présupposés pour la séparation qui subsiste, dans l'ensemble des schémas et des arguments de la thèse, entre « économie » (humaine) et (le reste) de l'écosystème. Que peut-on obtenir en commençant, en revanche, par la perspective de l'homme comme un animal DANS nature, bien que spécifique ? (2) Il veut poser la question des propriétés « émergentes » — d'une part liées aux changements des échelles d'organisation (y compris les effets de l'interaction entre les populations humaines, organisées avec leurs cultures, institutions etc.) et le reste de la nature...), d'autre part, des nouvelles formes de structure et d'organisation (liées quelque part à la « directionnalité » du développement de la Biosphère...). (3) Etant donnée le rôle fondamental de l'eau dans les structures et cycles du vivant, quelle est la connexion entre eau et exergie ?

*Richard LOIRET répond aux questionnements du Professeur IBISCH, notamment le statut de l'eau dans la vision des cycles et des structures REDOX et, le rapprochement avec la littérature sur les « frontières de la planète ». En quelque sorte, le vivant se développe au sein des limites mais aussi en les retravaillant. C'est le cas pour tous les espèces et, il n'y a pas d'exception pour les sociétés humaines de ce point de vue. Cependant, le rôle de plus en plus dominant de l'espèce humaine dans les changements actuels dans la Biosphère (qui peut, au passage, s'exprimer autant en termes d'eau qu'en termes d'exergie) justifierait un traitement « spécifique » même s'il ne s'agissait pas aussi d'une réflexion intéressée sur nous-mêmes. Sur des propriétés « émergentes », c'est cela qui rend nécessaire une analyse systémique à toutes les échelles et qui rend aussi difficile toute modélisation dynamique.*

**Professeur Martin O'CONNOR**, directeur de thèse et directeur du Centre international REEDS, intervient avec quelques remarques sur le contexte académique et institutionnel du travail doctoral de Richard LOIRET. Tout d'abord il s'associe aux remarques précédentes de ses collègues — Sylvie Faucheu, Franck-Dominique Vivien et Jean-Marc Douguet — pour exprimer son plaisir avec l'aboutissement d'une thèse sur un sujet si visiblement enraciné dans les préoccupations interdisciplinaires d'écodéveloppement (Ignacy Sachs) et de pensée systémique (René Passet) qui ont été des racines de l'économie écologique en France.

Le professeur O'CONNOR revient brièvement sur les trois grandes facettes du travail de Richard LOIRET — l'histoire (et la préhistoire) de la pensée en économie écologique ; l'analyse systémique conduisant à la définition d'un indice synthétique de « l'actif » du vivant dans un territoire ; et, la démonstration de l'utilité heuristique de cet indice pour informer les débats sur les politiques du développement territorial (protection de la biodiversité, bioéconomie, énergies renouvelables, ...). Du point de vue de la richesse conceptuelle et de la complexité méthodologique, chacun des trois volets aurait pu être l'objet légitime d'une thèse en économie écologique. La volonté farouche de Richard LOIRET d'assurer leur articulation est à féliciter. La thèse peut être critiquée pour son caractère « inachevé » par rapport à une telle largeur d'ambition. Mais, cela a l'utilité de mettre devant d'autres collègues – et il pense ici à plusieurs doctorants – des perspectives intellectuelles comme points de repère... C'est le genre de travail, au sein de la communauté académique, qui permet de reposer des « grandes questions » au cœur de la science économique (ici, l'économie écologique) et, de situer les préoccupations empiriques et opérationnelles dans une vision plus large, à la fois conceptuelle et historique.

Le Professeur O'CONNOR espère par ailleurs voir une valorisation de chacune des trois grandes facettes du travail de Richard LOIRET. Il voit notamment l'opportunité de publications significatives pendant les mois et les années à venir, autant dans l'histoire de la pensée que sur des aspects plus opérationnels de l'écodéveloppement des territoires.

Dans le domaine de l'histoire de la pensée (ou, si l'on veut, la « préhistoire » de l'économie écologique !) la thèse porte — en dépit de quelques péripéties — un éclaircissement remarquable des concepts et des débats de la fin du 19<sup>ième</sup> et du début de 20<sup>ième</sup> siècles dont, d'une part, les visions scientifiques de systèmes complexes (dont la thermodynamique et les courants désignés comme « l'école russe de la directionnalité »)

