



## Les sciences du développement durable pour régir la transition vers la durabilité forte

Tom Dedeurwaerdere

(Université catholique de Louvain et Fonds National de la Recherche Scientifique, FSR-FNRS)

Rapport préparé dans le contexte de l'appel d'offre sur la rédaction d'un « Rapport scientifique sur l'organisation de la science », avec le soutien du Ministre du Développement durable et de l'Administration publique du gouvernement wallon.

Traduction de l'anglais par André Verkaeren, Metaphrasis sprl.

11 janvier 2013

## Table des matières

Liste des tableaux .....	4
Liste des figures .....	4
Liste des encadrés .....	4
Résumé analytique .....	5
Introduction.....	12
Chapitre 1: Pourquoi les sciences du développement durable sont-elles nécessaires ?.....	14
1.1. Découpler la croissance de l'exploitation des ressources naturelles : un défi.....	18
1.1.1. Comparaison entre durabilité faible et durabilité forte.....	19
1.1.2 Au-delà de l'éco-efficacité: le défi du découplage absolu.....	21
1.2. Le défi de l'équité sociale pour le développement durable.....	25
1.3. Comblar le fossé entre les sciences et la société .....	27
Chapitre 2 : Principes des sciences du développement durable.....	30
2.1. La durabilité forte en tant que fondement normatif des sciences du développement durable	32
2.1.1 Définir l'éthique de la durabilité forte .....	32
2.1.2 La tâche consistant à opérationnaliser le cadre éthique .....	33
2.2. Une perspective intégrée sur les systèmes socio-écologiques .....	36
2.2.1 Garder le cap dans des interactions socio-écologiques complexes .....	36
2.2.2 Construire des cadres d'analyse intégrés.....	37
2.3. Organiser la recherche transdisciplinaire pour les sciences du développement durable .....	39
2.3.1. S'attaquer aux situations d'incertitude irréductible, de valeurs multiples et de grands enjeux .....	39
2.3.2 Un modèle illustratif d'un processus de recherche transdisciplinaire .....	40
Chapitre 3 : Tirer les leçons des conceptions des sciences transformatives pour le développement durable .....	43
3.1. Repenser la gestion des ressources naturelles et des écosystèmes à l'intérieur de systèmes écologiques et économiques intégrés et complexes .....	45
3.1.1. Pathologie des conceptions monodisciplinaires conventionnelles en matière de gestion des ressources naturelles et des écosystèmes.....	46
3.1.2. L'économie écologique, un domaine de recherche transdisciplinaire pour intégrer la dynamique systémique complexe entre l'économie et la biophysique.....	48
3.1.3. Des partenariats scientifiques mondiaux pour s'attaquer au changement environnemental planétaire .....	50
3.2 Repenser la croissance pour une transition vers la durabilité forte .....	55
3.2.1. Le PIB, la plus grande défaillance de l'histoire en matière d'information .....	56
3.2.2. Méthodes d'évaluation intégrées et multicritères pour évaluer la durabilité.....	58

3.2.3. Éclairages post-keynésiens sur la crise financière: au-delà de la neutralité éthique et de la marginalisation des risques systémiques.....	61
3.3 Tenir compte du choix démocratique dans les transitions socio-technologiques.....	66
3.3.1. Des innovations au niveau de l'entreprise aux transitions vers le développement durable .....	68
3.3.2. La contribution de l'économie évolutionniste véblénienne à la prise en compte des processus d'innovation historiques de longue durée .....	72
3.4. Au-delà de l'interdisciplinarité : nécessité d'une éthique de la durabilité forte dans le cadre d'une organisation transdisciplinaire du processus de recherche.....	75
3.4.1 Le rôle de l'éthique dans la durabilité forte et de l'implication des parties prenantes dans les sciences du développement durable .....	75
3.4.2 Recherche sur le développement durable dans le domaine économique .....	77
Chapitre 4: Développer des capacités institutionnelles pour les sciences du développement durable .....	81
4.1. Surmonter l'inertie disciplinaire dans les sciences du développement durable.....	81
4.2 Principaux obstacles institutionnels au développement des sciences du développement durable .....	84
4.2.1 Incorporer le développement durable dans les établissements d'enseignement supérieur .....	86
4.2.2 Renforcer la communauté des sciences du développement durable.....	89
4.2.3 Développer la recherche transdisciplinaire à long terme dans les sciences du développement durable .....	91
4.3. Un programme de réforme institutionnelle pour les sciences du développement durable .....	94
4.3.1 Mesures de renforcement des capacités dans les universités et les autres établissements d'enseignement supérieur .....	96
4.3.2 Nouveaux outils de financement de la recherche programmatique .....	99
4.3.3. Nouveaux réseaux et outils de recherche .....	101
Conclusion .....	106
Remerciements .....	108
Glossaire .....	109
a. Glossaire des concepts clefs.....	109
b. Glossaire des termes techniques cruciaux .....	112
Références.....	114

## Liste des tableaux

Tableau 1: Situation mondiale des services écosystémiques d’approvisionnement, de régulation et culturels .....	17
Tableau 2.1. Scores dans le cadre d’un problème de transport .....	60
Tableau 2.2. Recherche transdisciplinaire sur le développement durable en économie .....	78
Tableau 2.3. Mise en œuvre progressive des trois dimensions de la recherche sur le développement durable dans les conceptions des sciences transformatives que nous analysons dans ce rapport .....	79
Tableau 3.1. Changement graduel en direction d’une recherche sur le développement durable pleinement institutionnalisée .....	95
Tableau 3.2. Mesures de renforcement des capacités pour les sciences transdisciplinaires du développement durable .....	102

## Liste des figures

Figure 1.1. Substituabilité limitées entre capital technologique/produit et capital naturel .....	19
Figure 1.2. Découplage relatif dans des pays de l’OCDE entre 1975 et 2000 .....	22
Figure 1.3. Consommation Matérielle Directe (CMD) dans des pays de l’OCDE : 1975-2000 .....	23
Figure 1.4. Évolution de la consommation de combustibles fossiles et des émissions de CO2 qui y sont associées : 1980-2007. ....	24
Figure 2. Modèle conceptuel d’un processus de recherche transdisciplinaire idéal-typique .....	41
Figure 3.1. Liens entre services écosystémiques et bien-être humain (Source: MEA, 2005) .....	51
Figure 3.2. Typologie des trajectoires de transition socio-technologiques .....	70
Figure 3.3. Analyse bibliométrique des articles sur la durabilité (i) .....	82
Figure 3.4 Analyse bibliométrique des articles sur la durabilité (ii) .....	83

## Liste des encadrés

Encadré 4. 1. Un exemple de renforcement des capacités pour la recherche sur le développement durable dans les établissements d’enseignement supérieur.....	98
Encadré 4. 2. Un exemple de renforcement des capacités de la recherche sur le développement durable à travers des outils relevant du financement de la recherche programmatique .....	100
Encadré 4.3. Un exemple de renforcement des capacités de la recherche sur le développement durable à travers le soutien aux réseaux de recherche .....	104
Encadré 4.4. Un exemple de renforcement des capacités de la recherche sur le développement durable à travers la création de nouvelles institutions.....	105

## Résumé analytique

La recherche, ces deux dernières décennies, a fait la preuve que l'influence anthropique sur les écosystèmes et ressources planétaires indispensables à la vie a atteint une magnitude sans précédent dans l'histoire de la race humaine. Afin de documenter cette **crise mondiale de la durabilité\*\*<sup>1</sup>**, des scientifiques de toutes disciplines et de tous horizons ont produit des évaluations globales évaluées et vérifiées par leurs pairs. L'une des plus connues est l'évaluation du changement climatique réalisée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Mais d'autres évaluations reconnues au niveau mondial ont également été réalisées dans bon nombre d'autres domaines. Voici certains des faits saillants de la crise abordés dans cette évaluation :

- **Dégradation des écosystèmes** : 60 % des écosystèmes dont les sociétés humaines dépendent pour leur survie sont dégradés (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005).
- **Réchauffement planétaire** : si la température moyenne augmente de 2° C ou plus, ce changement entraînera des évolutions écologiques et socio-économiques majeures, essentiellement pour le pire. Les pauvres de la planète en subiront les conséquences les plus destructrices (Groupe d'experts international sur l'évolution du climat, 2007). Les prévisions actuelles concernant le XXI<sup>e</sup> siècle portent sur une augmentation des températures comprise entre 1,8 et 4° C, selon les scénarios respectivement le plus optimiste et le plus pessimiste présenté dans le rapport 2007 du GIEC (toutes ces températures concernent la période 2090-2099 par rapport à 1980-1999).
- **Pic pétrolier** : les *Perspectives énergétiques mondiales pour 2008* publiées par l'Agence internationale de l'énergie ont déclaré la « fin du pétrole bon marché ». Les prix pétroliers ne pourront faire qu'augmenter. Tôt ou tard, il conviendra de trouver des solutions alternatives durables dans la mesure où le pétrole représente 60 % des besoins énergétiques de la planète.
- **Inégalité** : la consommation de 20 % de la population mondiale représente 86 % du total des dépenses de consommation privée au niveau mondial. Les 20 % les plus pauvres ne représentent que 1,3 % de ces dépenses (Programme des Nations unies pour le développement, 1998). Les écarts de revenus étaient plus élevés dans la plupart des pays de l'OCDE vers 2005 que vers 1985 ; au cours des cinq dernières années, la pauvreté et l'inégalité ont augmenté dans deux tiers des pays de l'OCDE (OCDE, 2011).
- **Pauvreté urbaine** : près d'un milliard de personnes – sur les six milliards d'habitants que compte notre planète – vivent dans des bidonvilles, soit un tiers de la population urbaine totale du monde (Centre des Nations unies pour les établissements humains, 2003).

L'image qui émerge de ces évaluations est celle d'un monde urbanisé très inégalitaire qui dépend d'écosystèmes en dégradation rapide et se trouve menacé par le changement climatique et des insécurités alimentaires. Pourtant, alors que l'humanité est confrontée à des crises mondiales majeures – économique, environnementale et sociale – et au moment même où les responsables politiques comme la société civile réclament un changement dans le fonctionnement de nos sociétés, les sciences modernes semblent bien incapables de fournir des solutions opérationnelles pour les

---

<sup>1</sup> Les termes définis dans le glossaire sont signalés par une astérisque simple ou double lors de la première occurrence dans le texte ou lors de leur première occurrence dans le résumé analytique.

surmonter. Dans ce contexte, tant certains lauréats du prix Nobel comme Elinor Ostrom (2007) ou Sir John Sulston (2003) que des hauts responsables de la politique scientifique (voir par exemple la déclaration de Talloires de l'Association des dirigeants d'universités pour un futur durable et le rapport MASIS de la Commission européenne) ont souligné la nécessité d'une transformation en profondeur des modes d'organisation de la recherche scientifique afin de régir la transition\*\* vers des sociétés durables. À la lumière de contributions universitaires et de rapports politiques récents, ce nouveau mode d'organisation envisagé pour la recherche scientifique est appelé dans le cadre du présent rapport les « sciences du développement durable ».

Afin de donner corps à ces demandes, les scientifiques et les praticiens qui se sont réunis en mai 2009 à l'occasion d'une grande conférence organisée en Europe par la DG Recherche ont identifié deux défis principaux à relever par les sciences du développement durable. Premièrement, pour promouvoir le développement durable, les scientifiques doivent tenir compte de la nécessité d'un changement des orientations éthiques et des principales visions du monde qui guident les actions des individus et des organisations. Il importe de dépasser la modélisation formelle analytico-descriptive\*\* des systèmes complexes. Les scientifiques ont donc la responsabilité de s'engager dans de nouvelles formes de collaboration avec les parties prenantes et les citoyens. Dans le cadre de cet enjeu urgent, les scientifiques chercheront à mettre en œuvre des options faisables permettant une action à la fois substantielle et décisive. Deuxièmement, il est nécessaire de supprimer les obstacles pratiques et institutionnels qui entravent le développement d'approches orientées par les objectifs à atteindre (et non purement descriptives), itératives et intégratives, qui sont indispensables pour s'attaquer aux questions posées par le développement durable. Il faudra procéder à des changements organisationnels, mais aussi à des modifications dans le financement et l'évaluation des sciences.

Face à ces nécessités, des dirigeants visionnaires au sein des administrations chargées de la politique scientifique et des établissements d'enseignement supérieur ont créé des **institutions qui déplacent les frontières scientifiques pour favoriser le développement durable**, tant au niveau de la recherche stratégique et des programmes de formation qu'au niveau des réseaux qui permettent un renforcement plus large des capacités. Parmi les exemples reconnus illustrant les initiatives de recherche déplaçant les frontières, il importe de citer la *Graduate School of Frontier Sciences* de l'Université de Tokyo ainsi que l'*Institut de botanique et d'écologie paysagère* de l'Université de Greifswald. Ces deux établissements combinent la recherche sur l'économie et l'écologie avec une expertise spécifique dans la recherche sociale empirique et une collaboration avec les parties prenantes du développement durable. En outre, ces établissements ont mis en place des programmes de maîtrise internationaux et interdisciplinaires qui enseignent à la fois les sciences de l'environnement, l'économie et l'éthique du développement durable. Parmi les principaux exemples qui illustrent ces réseaux de renforcement des capacités des sciences du développement durable se trouvent le Réseau de recherche transdisciplinaire (td-net) des Académies suisses des sciences et le réseau Alliance pour le développement durable mondial (Alliance for Global Sustainability) qui réunit quatre universités scientifiques et technologiques aux États-Unis, au Japon et en Suisse. La recherche transdisciplinaire joue un rôle clé dans toutes ces initiatives de renforcement des capacités et s'y conçoit comme une recherche fondamentale ou appliquée sur des problèmes socialement pertinents, mise en œuvre à travers des collaborations de recherche combinant expertise scientifique et parties prenantes. L'objectif de ces réseaux est de favoriser l'apprentissage mutuel

interdisciplinaire et transdisciplinaire entre chercheurs et professeurs à travers les domaines thématiques, les langues et les pays.

Néanmoins, malgré la reconnaissance générale dont bénéficient ces contributions pionnières, qui sont autant d'initiatives qui déplacent les frontières des sciences, les efforts de nombreux chercheurs dans les sciences du développement durable et de nombreuses parties prenantes au développement durable restent entravés, dans la pratique, par les **contraintes structurelles imposées par le mode d'organisation actuel du système de la recherche scientifique**. En effet, comme le documente ce rapport, l'absence de mesures incitant à faire carrière dans les sciences interdisciplinaires et transdisciplinaires du développement durable au sein des établissements d'enseignement supérieur, le manque de formations sur la recherche procédant par études de cas quantitatives et qualitatives basées sur des méthodes multiples et, surtout, la domination de l'évaluation monodisciplinaire par les pairs, tant des projets de recherches et des chercheurs, que des établissements d'enseignement supérieur eux-mêmes, constituent autant d'obstacles difficiles à surmonter. Les effets peuvent en être illustrés par une étude récente qui a donné lieu à la publication d'une recherche bibliométrique des articles évalués par les pairs contenant le mot « durabilité » – en titre ou comme mot clé – dans les quelque 16 500 revues évaluées par des pairs de la base de données Scopus et publiés entre 1996 et 2009. Cette étude a montré que même dans les articles qui mentionnent explicitement comme mots clés des questions liées à la durabilité et au développement durable, les renvois aux trois piliers des sciences du développement durable (environnemental, social et économique) restent rares, en particulier pour les articles paraissant dans les revues scientifiques environnementales, puisque seulement 25 % environ de ces articles sur le développement durable citent d'autres articles provenant des revues des sciences sociales et 10 % en citent d'autres provenant des revues économiques. En ce qui concerne les articles sur des sujets liés à la « durabilité » dans les revues économiques, les renvois sont plus fréquents, mais la proportion globale de ces mêmes articles dans les revues économiques est beaucoup plus faible et, dans l'ensemble, marginale.

La réalité de ces contraintes institutionnelles contraste avec la nécessité de dépasser le **mode d'organisation « éthiquement neutre » et « isolé dans sa tour d'ivoire » de la recherche** sur le développement durable, décrit ci-dessus. En revanche, le mode de recherche conventionnel est encore plus profondément enraciné dans les pratiques actuelles de la recherche à l'extérieur de la communauté des spécialistes du développement durable. Il suffit d'analyser les réactions des grands économistes à la crise financière de 2008 pour s'apercevoir. Ces réactions, que nous analysons plus avant dans la section 3.3 du rapport, relèvent de deux stratégies principales. Elles visent toutes deux à maintenir l'analyse économique conventionnelle du système financier dans le cadre d'un dispositif de pensée fortement abstrait et de plus en plus déconnecté de l'analyse empirique des comportements sociaux et humains. Premièrement, le recours à une modélisation abstraite de l'équilibre ou du quasi-équilibre, conjugué avec l'hypothèse d'un « agent représentatif » individuel uniforme, qui fait office de principale méthodologie suivie, entraîne la marginalisation systématique de la question des risques et des instabilités systémiques dans le système financier. Un exemple bien connu de cette première stratégie est illustré par la conviction, initialement partagée par l'ancien président de la FED, Alan Greenspan, qu'il suffit d'introduire un nombre suffisant d'instruments dérivés appropriés pour éliminer intégralement l'incertitude\*\* du marché. Cette conception d'un agent économique uniforme utilisant des outils toujours plus sophistiqués pour corriger les incertitudes mathématiques du système contraste totalement avec la dynamique sociale du monde réel, fondée sur des interactions entre agents économiques hétérogènes dont les sources

d'informations, les motifs, les connaissances et les capacités sont manifestement différentes. La seconde stratégie se trouve exprimée par la conviction expressément défendue par de grands économistes (comme Robert Lucas, lauréat du prix Nobel d'économie) et selon laquelle les situations de crise se situent à l'extérieur du pouvoir de prédiction des sciences économiques et ne peuvent donc pas être gérées scientifiquement au sein de cette discipline.

Comme nous le montrerons à travers l'analyse de contributions réussies à la recherche économique sur le développement durable, c'est dans une direction tout à fait différente qu'il faut aller. La recherche sur le développement durable a besoin de **pratiques interdisciplinaires capables de combiner la recherche économique, l'analyse des pratiques sociales et la discussion explicite des orientations éthiques** qui sous-tendent les options de modélisation. Citons à titre d'exemple la recherche sur les services écosystémiques menée dans le cadre de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire. Ce projet a encouragé avec succès la mise en œuvre d'un ensemble d'outils combinant création de marchés visant à l'utilisation durable de produits écosystémiques, création d'organisations procédant des communautés locales et de systèmes scientifiques d'aide à la décision. La réserve de la biosphère Rio Platano, au Honduras, constitue une mise en pratique réussie de ces outils. Son mérite est de montrer l'incorporation de l'analyse des processus de marché dans des pratiques sociales plus larges. Dans cette réserve, les scientifiques sont parvenus à aider les communautés à surmonter la pauvreté causée par la dégradation d'écosystèmes partagés en réorientant l'économie locale vers des produits forestiers non ligneux (comme le cacao, les plantes d'ornement, les médicaments et l'huile), grâce à un modèle de gouvernance basé sur la communauté. De la même manière, la macroéconomie post-keynésienne, l'économie écologique et l'économie évolutionniste véblénienne ont proposé des moyens novateurs d'organiser la recherche, qui recourent à la fois à des conceptions analytico-descriptives des systèmes complexes et à l'analyse des pratiques sociales. Étant donné le rôle crucial de la pensée économique dans l'élaboration des politiques de développement durable, ces conceptions sont analysées en profondeur dans le chapitre 3 de ce rapport en vue de d'apporter des idées concrètes sur les voies envisageables pour transformer les pratiques de recherche en vigueur.

L'analyse que ce rapport présente sur les pratiques concrètes et la littérature universitaire sur le mode d'organisation des sciences du développement durable montre d'une façon générale qu'il est nécessaire de combiner la conception analytico-descriptive des systèmes complexes, développée par exemple en économie et dans les sciences de l'environnement, avec l'analyse des pratiques sociales et du débat éthique. Dans ce rapport, ces exigences ont été articulées sous la forme d'un **ensemble de trois conditions élémentaires à prendre conjointement en considération pour résoudre avec succès les problèmes de développement durable au moyen de la recherche sur le développement durable** :

- **Interdisciplinarité\*\*** : premièrement, les sciences du développement durable doivent adopter une perspective interdisciplinaire combinant la conception analytico-descriptive des systèmes socio-écologiques\*\* complexes avec l'analyse des pratiques sociales et des voies de la transition ;
- **Discussion explicite d'une éthique de durabilité forte** : deuxièmement, les sciences du développement durable doivent s'intéresser explicitement à la manière dont les acteurs et les décideurs, dans diverses situations problématiques, peuvent donner un sens concret à une éthique de la durabilité forte, qui reconnaisse les limites intrinsèques de la substitution



de tous les systèmes naturels indispensable à la vie par des moyens technologiques ou d'autres formes de capital de fabrication humaine ; en particulier, ces discussions doivent clarifier les situations dans lesquelles une conception faible, intermédiaire ou forte\*\* de la durabilité est la plus pertinente ;

- **Transdisciplinarité\*\*** : troisièmement, compte tenu de la spécificité contextuelle tant des solutions que des options éthiques socialement pertinentes, les sciences du développement durable doivent combiner les contributions des parties prenantes scientifiques et extra-scientifiques dans l'organisation de la recherche scientifique.

Comme nous l'illustrons tout au long de ce rapport, le fait de ne pas intégrer ces dimensions dans l'organisation de la recherche peut générer des conséquences dramatiques pour la résolution de problèmes de durabilité concrets. Par exemple, l'incapacité d'intégrer les perspectives plus larges des parties prenantes dans la gestion des Everglades en Floride (États-Unis) a entraîné une erreur de jugement concernant les causes réelles de la dégradation de ces écosystèmes d'algues de mer uniques en leur genre. Cette erreur a entraîné des coûts de restauration environnementale sans précédent dans l'histoire des États-Unis, en particulier pour mettre un terme à la dégradation beaucoup plus importante qui a résulté des options choisies. Dans d'autres cas, le fait de ne pas mener une discussion explicite sur l'éthique de la durabilité a entraîné la non prise en considération de conflits d'ordre éthique dans la mise en œuvre des solutions proposées, même dans des situations où il existait initialement un consensus sur la nécessité d'intégrer dans le développement économique les limites intrinsèques des ressources de la planète. La conception qui fait de l'innovation au sein des systèmes socio-technologiques la solution pour mener à bien la transition est une parfaite illustration : même si cette approche a été principalement utilisée de façon prédominante dans un contexte de développement durable, elle n'inclut pas, en elle-même une conceptualisation du développement durable. Cette lacune a causé des frustrations et des tensions croissantes, comme par exemple dans le cadre d'une initiative majeure de transition en Flandre, plus précisément dans le domaine des déchets et des matériaux durables. Dans le cadre de cette initiative, l'orientation dominante initialement du point de vue éthique, la réduction des déchets, a dû céder le pas, aux étapes ultérieures de la recherche, à un ensemble d'objectifs consistant avant tout à créer un marché de fourniture de déchets en tant que produits secondaires.

Les pratiques de recherche interdisciplinaires et transdisciplinaires des sciences économiques et environnementales qui sont analysées plus spécifiquement dans ce rapport montrent combien il est important pour les sciences du développement durable de combiner ces trois conditions. Le résultat global de l'analyse est le suivant : bien que l'expérimentation de ces conditions soit encore en cours, les spécialistes du développement durable et les responsables de la politique scientifique s'accordent sur la nécessité urgente de passer de la conception purement analytico-descriptive de l'analyse des systèmes complexes à une science transformative qui combine les modèles analytico-descriptifs avec une analyse des pratiques sociales de la transition et une discussion plus approfondie sur les orientations éthiques susceptibles d'être adoptées dans le cadre d'une reconnaissance globale des limites intrinsèques des ressources vivantes et naturelles de la terre. En outre, les chercheurs de nombreuses disciplines comme les sciences politiques, la psychologie, l'histoire, la sociologie, l'économie et les sciences de l'environnement, entre autres, ont expérimenté ces trois conditions pour s'attaquer avec succès aux problèmes posés par le développement durable. Par conséquent, même si l'accent principal de ce rapport est placé sur l'économie et les problèmes posés par le développement durable, cette analyse pourrait certainement être élargie à d'autres branches

scientifiques afin qu'il soit possible de tirer les enseignements des approches transdisciplinaires prometteuses du développement durable.

Enfin, lorsqu'ils mettent en œuvre ces exigences de recherche dans le domaine du développement durable, les chercheurs actifs dans les sciences du développement durable sont confrontés à des obstacles institutionnels majeurs, dont certains ont déjà été décrits ci-dessus et que nous analysons plus avant dans le chapitre 4 de ce rapport. Il serait certainement nécessaire de procéder à des analyses supplémentaires afin d'examiner et d'évaluer ces obstacles et de concevoir des **outils institutionnels de renforcement des capacités** à mettre en place à différents niveaux de l'intervention politique. Mais l'analyse d'initiatives couronnées de succès dans d'autres pays permet déjà d'établir une liste d'outils qui ont prouvé leur efficacité ou qui sont mis en œuvre actuellement. Comme nous le montrons dans le chapitre 4, les points d'action suivants semblent être des composantes essentielles d'une telle politique institutionnelle de renforcement des capacités :

#### **Mesures de renforcement des capacités dans les établissements d'enseignement supérieur**

- Création de centres de recherche transdisciplinaire ;
- Création de bourses de recherche « passerelles » entre l'expertise des scientifiques et des parties prenantes ;
- Création de chaires transdisciplinaires ;

#### **Outils de financement de la recherche programmatique au niveau régional, national et européen**

- Exigence d'une organisation transdisciplinaire de la recherche ;
- Exigence d'une perspective éthique de durabilité forte ;
- Bourses synergiques pour la recherche sur le développement durable impliquant différentes institutions et basée sur des méthodes multiples ;
- Centres de compétences entre institutions de recherche sur le développement durable ;

#### **Aide aux nouveaux réseaux de recherche**

- Partage de bonnes pratiques et de savoir-faire en vue d'une mise en réseau internationale ;
- Infrastructure de recherche transdisciplinaire commune (revues, conférences, prix) ;
- Soumission conjointe de projets de recherche de plus grande envergure ;

#### **Création de nouveaux/nouvelles institutions/plateformes/panels de recherche**

- Panels régionaux (ou panel national) pour le développement durable ;
- Organisation d'identification et de soumission, par les parties prenantes, des grandes questions de recherche ;
- Instituts d'études avancées sur la recherche en matière de développement durable ;
- Organe consultatif sur les procédures de gestion de la qualité dans le domaine de la recherche transdisciplinaire sur le développement durable.

La mise en œuvre de ces points d'action implique une transformation en profondeur des modes actuels d'organisation de la recherche. Néanmoins, tant le système actuel d'incitants et de récompenses de la recherche universitaire que le mode de collaboration en place entre l'université et le secteur privé, au service des besoins des industries, restent des pratiques sociales bien établies

au sein des établissements d'enseignement supérieur modernes. En revanche, ces systèmes sont tout à fait insuffisants pour mettre en œuvre le type de collaborations à intervenants multiples requis pour résoudre des questions de développement durable compliquées et interconnectées. Aussi l'objectif des outils envisagés ne consiste-t-il pas à créer un substitut aux institutions déjà bien implantées des sciences modernes qui se sont avérées productives. Il s'agit plutôt de construire une filière supplémentaire de recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire qui s'ajouterait à l'infrastructure existante de la recherche afin de s'attaquer à la crise du développement durable sans précédent à laquelle l'humanité est actuellement confrontée. Même s'il n'existe aucune solution simple à ce défi que constitue la transformation en profondeur des modes actuels de la recherche, universités et organismes de financement ont démontré à de multiples reprises qu'ils étaient capables de surmonter les obstacles institutionnels et épistémologiques évoqués dans ce rapport, dans le fil des initiatives et des réseaux scientifiques qui déplacent les frontières et qui sont illustrés ci-dessus. Il semblerait donc utile que les communautés universitaires et politiques reconnaissent ces obstacles et qu'elles s'emploient à les surmonter en déployant davantage de soutien institutionnel, organisationnel et financier.

## Introduction

Nombreux sont ceux qui considèrent les sciences modernes comme l'un des moteurs principaux de l'amélioration de la prospérité humaine au cours des trois derniers siècles (North, 2010; Mokyr 2002). Pourtant, alors que l'humanité ne parvient pas à s'attaquer à des crises majeures – économique, environnementale et sociale, les sciences modernes semblent bien incapables de fournir des solutions opérationnelles pour les surmonter. Ces dernières décennies, de nombreux savants (Arendt, 1963; Latour, 1993; Funtowicz and Ravetz, 1993) ont analysé cet échec du projet des sciences modernes tel qu'il nous a été transmis depuis les Lumières. En revanche, dans le contexte du débat sur le développement durable, la discussion sur le rôle des sciences dans la société a pris un nouvel élan et de nouvelles conceptions novatrices, transformatives, des sciences ont été développées au cours des 20 dernières années. Ce rapport analyse la contribution qu'apportent ces nouvelles conceptions à la gestion de la transition\*\* des sociétés humaines vers une durabilité forte\*\* et place un accent particulier sur les sciences de l'environnement et les sciences économiques.

Les spécialistes et les praticiens qui se sont réunis en mai 2009 à l'occasion d'une grande conférence organisée par la DG Recherche pour discuter du sens du développement durable pour les sciences ont répertorié **deux défis majeurs à relever par les sciences du développement durable** (Jaeger et Tàbara 2011; Jaeger 2011). **Premièrement**, lorsqu'il est question de développement durable, il s'avère nécessaire de transformer l'éthique et les visions du monde fondamentales qui régissent les actions individuelles et les organisations. Les sciences sont en mesure de contribuer à de tels changements, mais à la condition expresse de traiter ces défis sur un mode à la fois collaboratif, itératif et exploratoire. En effet, les questions liées au développement durable sont complexes et exigent des jugements éthiques sur les limites des ressources de la planète et des choix responsables entre les multiples perspectives des parties prenantes. Il **incombe aux scientifiques de s'engager dans de nouvelles formes de collaboration avec des parties prenantes et des citoyens** étant donné qu'il est urgent de rechercher et de mettre en application des options réalistes pour une transition efficace vers des sociétés durables.

**Deuxièmement**, il s'avère nécessaire de lever les **obstacles pratiques et institutionnels** qui empêchent le développement d'approches orientées par les objectifs à atteindre (et non purement descriptives), itératives et intégratrices indispensables pour traiter les questions complexes posées par le développement durable (Jaeger 2011, p.201). Pour y parvenir, des changements organisationnels s'imposeront, mais aussi des changements relatifs au financement et à l'évaluation scientifiques. Notamment, les mécanismes de financement et d'évaluation des propositions et des projets relevant des sciences du développement durable doivent être conçus en tenant compte des caractéristiques intrinsèquement interdisciplinaires de ce champ émergent. De surcroît, la recherche sur les systèmes socio-écologiques couplés, nécessitant un processus d'apprentissage permanent avec les parties prenantes à travers des expériences politiques de nature ouverte, requerra un financement à long terme. Enfin, il faut un soutien institutionnel à la formation et au renforcement des capacités des étudiants qui souhaitent se tourner vers les sciences du développement durable, dans la mesure où celles-ci nécessitent un ensemble distinct de compétences – compétences de facilitation, compétences sur la pensée systémique, sur le raisonnement éthique, capacité de développer des partenariats stratégiques, entre autres – qui ne

sont pas suffisamment encouragées actuellement dans les programmes de formation universitaire (Jaeger and Tàbara 2011).

En vue d'améliorer notre compréhension des principes clés des sciences du développement durable et de mieux relever les défis théoriques et organisationnels qui y sont associés, ce rapport examine les sujets suivants. Le **chapitre 1** aborde la question de savoir pourquoi nous avons besoin des sciences du développement durable et décrit comment des programmes de recherche émergents ont tenté de s'attaquer à ces besoins en dépit d'obstacles institutionnels et pratiques considérables. Sur la base de cet aperçu historique et institutionnel, le **chapitre 2** analyse les caractéristiques communes des sciences du développement durable qui ressortent de la pratique existante. L'un des enjeux fondamentaux à cet égard consiste à analyser toute la fécondité de la contribution des sciences du développement durable au développement et à la mise en œuvre de la vision normative du développement durable telle que formulée initialement dans le rapport Brundtland, il y a de cela 25 ans. En revanche, les scientifiques du développement durable doivent aussi relever de nouveaux défis qui ont gagné en importance depuis le rapport Brundtland, comme la gouvernance des transitions technologiques dans les domaines des systèmes énergétiques, des systèmes alimentaires durables ou encore des risques systémiques générés par les marchés financiers mondialisés. Le **chapitre 3** passe en revue les principales conceptions des sciences du développement durable développées au cours des deux dernières décennies. Eu égard à leur importance du point de vue de l'élaboration des politiques, ce chapitre se concentre plus spécifiquement sur les conceptions interdisciplinaires qui ont été développées dans les sciences économiques et environnementales pour dépasser les échecs de l'équilibre économique\*\* walrasien et des conceptions purement biophysiques dans les sciences de l'environnement. Pour terminer, le **chapitre 4** se penche sur les difficultés organisationnelles et institutionnelles auxquelles sont confrontés les universités et les responsables de la politique de la recherche en ce qui concerne la mise en œuvre des principes organisateurs et des méthodologies élémentaires des sciences du développement durable abordés aux chapitres 2 et 3.

## Chapitre 1: Pourquoi les sciences du développement durable sont-elles nécessaires ?

Les recherches menées au cours des deux dernières décennies ont apporté la preuve que les influences anthropiques sur les systèmes planétaires indispensables à la vie ont atteint une magnitude sans précédent dans l'histoire humaine (Jerneck et al., 2010). D'une part, les politiques économiques favorables à la croissance ont encouragé l'accumulation rapide de produits de consommation et d'innovations technologiques (Komiyama and Takeuchi, 2006; Orecchini et al., 2012), conduisant à une augmentation de la prospérité humaine – bien qu'inégalement répartie – dans de nombreuses régions du monde. Comme l'affirmait le rapport Brundtland il y a 25 ans déjà : « ceux qui cherchent des exemples de réussite et des raisons d'espérer ne seront pas déçus : en effet, la mortalité infantile est en baisse, l'espérance de vie est en hausse, la proportion des adultes sachant lire et écrire progresse, tout comme le nombre des enfants fréquentant l'école ; la production alimentaire mondiale augmente plus rapidement que la population » (CMED 1987, p. 19). D'autre part, en causant la déplétion du stock mondial de richesses naturelles de façon souvent irréversible, les modèles économiques et de développement en vigueur et prédominants ont de plus en plus de répercussions négatives sur le bien-être des générations présentes, qui se traduisent notamment par l'aggravation de la crise écologique et par des disparités sociales toujours plus importantes. En parallèle, ces modèles présentent aussi des risques et des défis immenses pour les générations futures.

Dans le but de documenter les caractéristiques principales de cette crise mondiale, des chercheurs du monde entier se sont engagés dans une vaste entreprise de recherche évaluée par les pairs. Les résultats de ces mégaprojets scientifiques de surveillance de la crise multidimensionnelle ont été le plus visibles dans le domaine de la recherche sur le changement climatique, notamment lors de l'attribution du prix Nobel 2007 au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ce groupe d'étude implique plus d'un millier de scientifiques de plus de 120 pays. L'évaluation de ses résultats est intégralement basée sur un processus d'examen par les pairs. Ces experts font état de leurs dernières découvertes dans divers sous-domaines de la recherche sur le changement climatique. Des initiatives semblables ont été prises pour surveiller, entre autres choses, la crise de la biodiversité, la déplétion des ressources naturelles ou la pollution mondiale. S'appuyant sur ces initiatives, des scientifiques de disciplines et d'horizons divers ont produit des rapports significatifs au niveau mondial qui établissent l'état des connaissances concernant les indicateurs sociaux et écologiques majeurs. En voici la liste (Swilling and Annecke, 2012, pp. 27-28) :

1. Dégradation des écosystèmes : *l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire* des Nations unies (ONU), compilé par 1.360 scientifiques de 95 pays et publié en 2005. Ce rapport a confirmé pour la première fois que 60 % des écosystèmes dont les humains dépendent pour survivre sont dégradés (Nations unies 2005).
2. Réchauffement mondial : les rapports, largement acceptés, du Groupe International d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) confirment que le réchauffement mondial est engendré par le rejet dans l'atmosphère de gaz à effet de serre. Ce rejet est causé par la combustion de combustibles fossiles. **Si les augmentations moyennes des températures s'élèvent à 2° ou plus, ce réchauffement entraînera des changements écologiques et socio-**

**économiques de grande envergure**, essentiellement pour le pire, et **les pauvres de la planète en subiront les conséquences les plus destructrices** (GIEC, 2007). Les prévisions actuelles concernant le XXI<sup>e</sup> siècle portent sur une augmentation comprise entre 1,8 et 4° C, selon les scénarios respectivement le plus optimiste et le plus pessimiste présenté dans le rapport 2007 du GIEC (rapport de synthèse, p. 45 ; toutes ces températures concernant 2090-99 par rapport à 1980-99).

3. Pic pétrolier : les *Perspectives énergétiques mondiales pour 2008* publiées par l'Agence internationale de l'énergie ont déclaré la « **fin du pétrole bon marché** » (Agence internationale de l'énergie 2008). Même les grandes compagnies pétrolières admettent désormais que les prix pétroliers augmenteront et qu'il convient de trouver des solutions alternatives le plus vite possible. **Le pétrole représente plus de 60 % des besoins en énergie de l'économie mondiale.**
4. Inégalité : selon le *Rapport mondial sur le développement humain* des Nations unies de 1998, **20 % de la population mondiale représentent 86 % du total des dépenses de consommation privée**. Les 20 % les plus pauvres ne représentent que 1,3 % de ces dépenses (Programme des Nations unies pour le développement, 1998). En outre, les écarts de revenus étaient plus élevés dans la plupart des pays de l'OCDE vers le milieu de la décennie 2000 que vers le milieu de la décennie 1980 ; au cours des cinq dernières années, **la pauvreté et l'inégalité ont augmenté** dans deux tiers des pays de l'OCDE (OCDE, 2011). D'autres indicateurs alternatifs plus complets de l'inégalité, prenant en compte la qualité de la vie et/ou les capacités, révèlent des évolutions semblables (voir également la discussion au point 1.2 ci-après).
5. Pauvreté urbaine : selon un rapport de l'ONU-Habitat intitulé *The Challenge of Slums* (Le défi des bidonvilles, NDT), **près d'un milliard de personnes, sur les six que compte la population mondiale, vivent dans des bidonvilles**. En d'autres termes, un tiers de la population urbaine totale du monde vit dans des bidonvilles (Centre des Nations unies pour les établissements humains, 2003).
6. Insécurité alimentaire : l'Évaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement (EICASTD) (Watson *et al.*, 2008) est l'évaluation mondiale la plus complète de l'état des sciences et des pratiques agricoles jamais entreprise. Selon ce rapport, l'agriculture moderne, industrielle et à forte consommation de produits chimiques a causé une dégradation écologique significative qui menacera la sécurité alimentaire dans un monde où l'accès à la nourriture est déjà fortement inégal et où la demande excède rapidement l'offre. De façon significative, ce rapport a confirmé que « **23 % de toutes les terres agricoles utilisées sont dégradées à un degré ou à un autre** » (Watson *et al.*, 2008 : ch.1, p. 73).
7. Flux de matières : selon un rapport de 2011 du Panel international des ressources (<http://www.unep.org/resourcepanel>), en 2005, l'économie mondiale dépendait de 500 exajoules d'énergie et de 60 milliards de tonnes de ressources primaires (biomasse, combustibles fossiles, métaux et minéraux industriels et de construction), soit une augmentation de 36 % depuis 1980 (Fischer-Kowalski et Swilling, 2011).

Comme l'ont affirmé Swilling et Annecke (2012, p. 28), les tendances ci-dessus « se conjuguent pour former l'image d'un monde urbanisé très inégalitaire dépendant de services écosystémiques en

dégradation rapide, confronté à de lourdes menaces causées par le changement climatique, des prix pétroliers élevés et des insécurités alimentaires ».

**La situation est inquiétante, notamment parce que la plupart des facteurs qui influent sur le changement de l'environnement comme la croissance économique, les niveaux de consommation dans les pays industrialisés, la taille de la population mondiale, l'utilisation des ressources et la consommation énergétique continuent d'augmenter** (Jaeger, 2011). Par exemple, selon la dernière projection des Nations unies (ONU, 2010), la population mondiale devrait dépasser neuf milliards de personnes en 2050, contre environ sept milliards à la fin de l'année 2011. Du point de vue des entreprises ou des industries, cette situation peut se traduire par des milliards de nouveaux consommateurs. La croissance de la population donnerait lieu à une expansion des marchés, évolution que d'aucuns considèrent comme bienvenue (Orecchini et al., 2012). En revanche, la rareté des ressources, toujours plus marquée, l'intensification de la pression de l'économie sur l'environnement et l'aggravation possible des conditions socio-économiques vécues par une partie plus importante de l'humanité sont autant d'éléments qui influenceront inévitablement la possibilité qu'auront ces neuf milliards de personnes de maintenir les modes de consommation actuels ou d'atteindre les niveaux de vies qui ont cours dans les pays les plus développés et les plus riches (Orecchini et al., 2012). En fait, **au cours des 40 prochaines années, la demande de matériaux industriels devrait doubler, voire tripler**. À technologies inchangées, les projections relatives à la consommation énergétique et aux émissions futures montrent que faute d'action décisive, ces tendances perdureront (PNUE 2011).

*L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire* fournit une illustration appropriée de l'interdépendance entre ces forces motrices du changement mondial, la crise mondiale de la durabilité et son impact sur le bien-être humain. D'une part, l'évaluation pour le millénaire a montré dans son rapport de synthèse que la plupart des services écosystémiques sont en déclin (Tableau 1). Plus récemment, une évaluation quantitative des niveaux de basculement des processus les plus critiques à l'échelle mondiale, publiée dans *Nature*, a montré que pour presque tous les processus critiques les valeurs observées sont proches ou excèdent déjà les seuils critiques (tableau 1). D'autre part, l'évolution de ces services écosystémiques produit un impact négatif sur le bien-être physique, émotionnel et social, qui appelle un changement de gouvernance du point de vue des politiques économiques et sociales (voir notamment la section 3.2.3a et la figure 3.1).

Ce bref passage en revue montre que malgré certains accords et plans d'action internationaux, aucun succès n'a été enregistré au cours des dernières décennies, ni en ce qui concerne la conciliation du développement humain avec les limites environnementales de la terre, ni du point de vue de la sécurisation du bien-être de toutes les personnes vivant sur cette planète, que ce soit dans le présent ou dans le futur (Jaeger, 2011). En effet, nous faisons face à des problèmes persistants de non-soutenabilité résultant de la surexploitation des ressources de la planète et du fait que nous excédons le seuil de sa capacité d'assimilation de nos déchets. Une recherche transformative s'avère nécessaire afin d'explorer des voies durables et de s'y engager (Jaeger, 2011).



**Tableau 1: Situation mondiale des services écosystémiques d’approvisionnement, de régulation et culturels**

(Source : rapport de synthèse de l’Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (MEA, 2005)).

Service	Sous-catégorie	Statut	Notes
<b>Services d’approvisionnement</b>			
Nourriture	Cultures	↑	Augmentation substantielle de la production
	Bétaux	↑	Augmentation substantielle de la production
	Pêcheries	↓	Diminution de la production due à la surexploitation
	Aquacultures	↑	Augmentation substantielle de la production
	Nourritures sauvages	↓	Diminution de la production
Fibres	Bois	+/-	Déforestation par endroits, agrandissement des espaces forestiers à d’autres
	Coton, chanvre, soie	+/-	Diminution de la production de certaines fibres, augmentation pour d’autres
	Bois de combustion	↓	Diminution de la production
Ressources génétiques		↓	Perte après extinction et diminution des cultures génétiques
Produits biochimiques, médicaments naturels, pharmaceutiques		↓	Perte après extinction, surexploitation
Eau fraîche		↓	Usage intenable pour la boisson, les industries et l’irrigation ; quantité d’énergie hydraulique inchangée, mais augmentation du rendement des barrages
<b>Services de régulation</b>			
Gestion de la qualité de l’air		↓	Déclin de la capacité de l’atmosphère à se purifier naturellement
Gestion climatique	Globale	↑	Bilan positif de séquestration du carbone depuis un demi-siècle
	Régionale et locale	↓	Prépondérance des impacts négatifs
Gestion de l’eau		+/-	Variations selon la localisation et les changements d’écosystèmes
Gestion de l’érosion		↓	Accroissement de la dégradation des sols
Purification de l’eau et traitement des déchets		↓	Diminution de la qualité de l’eau
Gestion des maladies		+/-	Variations selon les changements d’écosystèmes
Gestion des insectes		↓	Contrôle naturel mis à mal dû à l’utilisation des insecticides
Pollinisation		↓	Déclin global de l’abondance des pollinisateurs
Gestion des catastrophes naturelles		↓	Perte des protections naturelles (marécages, mangroves, etc.)
<b>Services culturels</b>			
Valeurs spirituelles et religieuses		↓	Déclin rapide de lieux et espèces sacrées
Valeurs esthétiques		↓	Déclin en quantité et qualité des territoires naturels
Loisirs et écotourisme		+/-	Augmentation des territoires accessibles mais aussi de leur dégradation

Note : l'« augmentation substantielle de la production » céréalière est obtenue moyennant une augmentation annuelle de 5 % de l'utilisation de fertilisants chimiques. L'« augmentation substantielle de la production » de l'aquaculture est obtenue moyennant des dommages permanents aux stocks de pêches. L'« augmentation substantielle de la production » de bétail est obtenue moyennant un environnement dégradé, l'utilisation accrue d'antibiotiques et d'hormones, l'utilisation de fumier de poule comme aliment et l'expansion des parcs d'engraissement (MEA, 2005).

Les sections suivantes se concentrent sur trois problèmes difficiles pour la recherche transformative et qui découlent de cette situation de non-durabilité ; les solutions suggérées à cet égard devront être au cœur des principes régissant le champ émergent des sciences du développement durable : premièrement, le problème de la non-substituabilité du capital naturel par le capital produit/technologique ; deuxièmement, le problème de la montée des inégalités et, troisièmement, la nécessité de combler le fossé entre les sciences et la société.

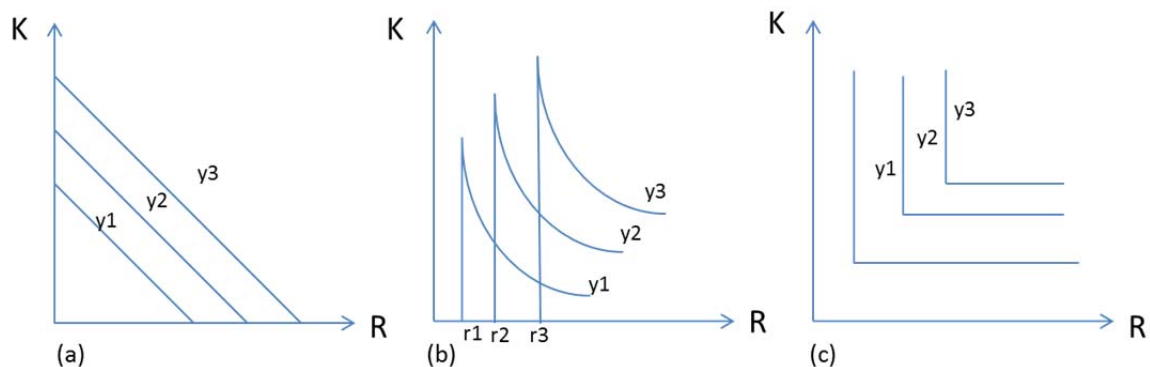
### 1.1. Découpler la croissance de l'exploitation des ressources naturelles : un défi

Pendant les deux derniers siècles, l'ampleur des activités humaines a connu une augmentation exponentielle. Cette croissance a donné lieu à une situation où les systèmes sociaux humains et les systèmes écologiques terrestres sont devenus des systèmes étroitement couplés qu'il convient d'aborder sur un mode intégré (Costanza et al., 1993). En particulier, les scientifiques et les responsables politiques ont reconnu la nécessité de tenir compte des contraintes biophysiques qui pèsent sur les possibilités futures du développement des sociétés humaines. Parmi ces contraintes biophysiques, citons (1) la fourniture des matières premières destinées directement à la consommation et à la production, (2) les limites de la capacité d'assimilation des déchets par l'écosystème terrestre, (3) le maintien des paysages et de l'apport d'informations et de services culturels par les écosystèmes et (4) le maintien des fonctions indispensables à la vie, condition préalable à tous les points qui précèdent (Ekins et al., 2003).

La durabilité, dans ce contexte, peut être décrite comme la « **maintenance du capital** » (Goodland et Daly, 1996). Dans le cas de la durabilité économique, la durabilité désigne surtout le capital financier. Par exemple, historiquement, dès le début du Moyen-Âge au moins, les marchands ont voulu savoir quelle part de leurs rentrées de fonds leur famille pouvait consommer sans entamer le capital de leur activité (par exemple en n'utilisant pour leur consommation privée que les bénéfices nets, diminués des coûts d'investissement). Plus récemment, le concept de durabilité a été de plus en plus utilisé dans le contexte de la crise écologique. Dans ce cas, la **durabilité de l'environnement** désigne **l'entretien du capital naturel**.

**Le développement durable tend vers une utilisation équitable des différents types de capitaux essentiels au fonctionnement des systèmes socio-écologiques couplés.** En général, les différents types de capital sont le capital naturel, d'une part, et, d'autre part, différentes formes de capital humain (c'est-à-dire culturel, institutionnel, social et technique/produit). Dans ce contexte, diverses conceptions de la durabilité ont été proposées en fonction de la possibilité de substituer au capital *naturel* un capital *technologique/produit* (artefacts technologiques et produits du travail). Ces conceptions vont de la *durabilité faible*\*\* (substituabilité complète du capital naturel au capital technologique/produit) à différentes formes de *durabilité forte* (substituabilité limitée ou nulle du capital technologique/produit).

La figure 1.1. illustre différents degrés de substituabilité entre les ressources naturelles (R) et le capital technologique/produit (K). Le cas (a) suppose une substituabilité totale entre les ressources naturelles et le capital (K) permettant le remplacement complet des ressources naturelles par le capital (K) (durabilité faible). La deuxième fonction de production (b) correspond à l'existence d'une limite s'imposant aux possibilités de substitution et identifie un seuil minimal de ressources naturelles nécessaires dans tout processus de production (représenté par des niveaux de seuils minimaux  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  pour chacune des fonctions de production) (durabilité forte). Le dernier graphique (c) représente une fonction de production n'admettant aucune substitution (également un cas de durabilité forte).



**Figure 1.1. Substituabilité limitée entre capital technologique/produit et capital naturel**

Différents types de fonctions de production mettant en relation le revenu national constant  $Y_i$ , le stock de capital technologique/produit K (comme la technologie) et la quantité de capital naturel R (comme les ressources non renouvelables), en supposant (a) entre K et R une substituabilité totale, (b) une substituabilité limitée entre K et R (= conception de la durabilité forte) et (c) une substituabilité nulle (= conception de la durabilité forte) (adapté de Common et Stagl, 2005 p. 220).

### 1.1.1. Comparaison entre durabilité faible et durabilité forte

La conception de la substituabilité faible (le scénario (a) dans la figure 1.1.) prolonge le modèle néoclassique du développement économique et considère les ressources naturelles non renouvelables comme l'un des facteurs de production. Elle cherche à «établir des règles sur la quantité de ressources naturelles qu'il convient de consommer maintenant et sur le niveau des investissements à consentir dans le capital produit/technologique afin d'accroître la consommation ultérieurement, lorsque les ressources non renouvelables seront épuisées» (Dietz et Neumayer, 2007). Cette approche suppose que l'utilité obtenue du capital naturel et du capital technologique/produit est substituable. Par exemple, si l'utilité individuelle est mesurée par le revenu monétaire individuel, remplacer des produits en bois par des produits en plastique, ou une plaine inondable par une étendue bétonnée ne fait aucune différence du point de vue de la perspective de la durabilité faible à condition qu'une telle substitution ne modifie pas le niveau du revenu individuel (après impôts/achat de biens de consommation). Dans ces deux cas de substitution, ni les limites intrinsèques des ressources de la planète, ni la valeur de certaines ressources naturelles du point de vue du fonctionnement approprié des écosystèmes fondamentaux ne sont pris en compte. En fait, le modèle de la durabilité faible requiert soit (a) la surabondance des ressources naturelles ; soit (b) le fait que l'élasticité de la substitution entre capital naturel et capital produit soit supérieure ou égale à l'unité (c'est-à-dire que le gain marginal d'utilité est supérieur ou

égal à l'unité lorsque l'on substitue au capital naturel R le capital technologique/produit K considéré comme intrant dans le processus de production) ; ou (c) la possibilité d'accroître la productivité du stock naturel plus rapidement qu'il ne s'épuise par le progrès technologique.

La conception de la substituabilité faible entraîne une politique de développement concentrée sur un mode d'exploitation des ressources naturelles qui permet de maintenir un flux de recettes durable provenant des ressources naturelles par de nouveaux investissements de capital, en dépit de la déplétion des ressources naturelles. À titre d'exemple, cette logique peut être illustrée par le processus permanent de compensation de la perte de fertilité des sols causée par les pratiques agricoles intensives à travers le recours accru à la mécanisation, l'irrigation et les fertilisants (Krishnan et al. 1995, p. 98). Cela étant, bien souvent, les substituts technologiques dépendent eux-mêmes de ressources naturelles non renouvelables (comme le pétrole et l'eau douce dans le cas des fertilisants et de l'irrigation). Dans de tels cas, la conception de la durabilité faible relève bien davantage d'une croyance aveugle dans le progrès technologique que d'éléments de preuves scientifiques.

Inversement, selon la **conception de la durabilité forte, certaines fonctions du capital naturel ne peuvent pas être remplacées par du capital produit/technologique et il existe des niveaux critiques au-delà desquels la substituabilité n'est plus possible** (Goodland et Daly, 1996). Les situations de non-substituabilité surviennent par exemple lorsque des seuils critiques sont atteints en ce qui concerne l'assimilation des déchets (comme les gaz à effet de serre dans l'atmosphère) ou la fonctionnalité des systèmes vivants. Comme l'ont décrit Daly et Farley (2011, p.161), la substituabilité complète signifierait qu'un cuisinier pourrait confectionner un gâteau de 500 kilos (par exemple la courbe  $y_3$  dans la figure 1.1 (b) qui nécessite un seuil minimal de capital naturel  $r_3$ ) en n'utilisant que les ingrédients nécessaires pour préparer un gâteau de 2,5 kilos (par exemple la courbe  $y_1$  dans la figure 1.1 (b), qui ne nécessite qu'un seuil minimal de capital naturel  $r_1$ ), «en le mélangeant plus fort et en le cuisant plus longtemps dans un four de plus grande dimension» (dans le cas de la figure 1.1.b, il s'agirait de produire le niveau de revenu  $y_3$  au moyen du même niveau de ressources naturelles que le niveau de revenu  $y_1$ , ce qui n'est clairement pas possible dans toutes les situations, puisque  $y_1$  peut être produit en utilisant moins de ressources que le niveau du seuil critique  $r_3$ )

Dans les analyses plus poussées de la conception de la durabilité forte, une attention supplémentaire est accordée au fait que ces **seuils critiques de substituabilité sont extrêmement difficiles à évaluer**. Comme l'avait initialement affirmé Holling (1973), dans de telles conditions, la conception de la durabilité faible devrait être remplacée par une conception qui se concentre sur la préservation de la fonctionnalité des systèmes vivants dans le temps (résilience) et sur le maintien de chaque type de capital pris séparément (naturel, culturel, institutionnel, social et produit/technologique) dans un état intact (Common et Stagl, 2005; Goodland et Daly, 1996). D'un point de vue politique, le critère de la durabilité forte a été utilisé dans les rapports du GIEC, par exemple. L'objectif chiffré de stabilisation à 450 ppm formulé par le GIEC a été calculé sur la base d'une augmentation tolérable maximale des températures mondiales comprise en 2 et 3° C. Au-delà de cette augmentation des températures, l'évolution climatique entraînerait des effets de seuil qu'il ne serait plus possible de compenser par des moyens technologiques.

Enfin, le scénario (c) de la figure 1.1. correspond à une situation où aucune substitution n'est permise, c'est-à-dire à une situation où aucune déplétion d'une quelconque ressource naturelle n'est possible. Cette conception semble superflue dans la mesure où la résilience n'est pas nécessairement atteinte uniquement par une vision statique de la nature, mais par une co-évolution de la nature et des sociétés humaines. Certains experts n'ont pas hésité à appeler cette vision la durabilité absurdement forte (Goodland et Daly, 1996). Certes, l'application universelle de ce scénario (c) pourrait être qualifiée d'absurde à juste titre. Il n'en reste pas moins qu'il pourrait conserver toute sa pertinence lorsqu'il s'agit de mettre en évidence certains des facteurs déterminants fondamentaux de la santé des services écosystémiques élémentaires sur Terre. Plus particulièrement, ce scénario pourrait s'appliquer à des situations où l'épuisement des ressources naturelles ou la dégradation écologique au-delà d'un certain seuil conduiraient à ce qu'il est convenu d'appeler les « points de basculement », c'est-à-dire à des dommages irréversibles de ces services élémentaires. L'un de ces cas, récemment documentés dans un article paru dans *Nature*, consiste en l'existence de points de basculement planétaires au-delà desquels la capacité de la Terre de nous soutenir, nous et d'autres espèces, serait menacée (Barnosky et al., 2012).

### 1.1.2 Au-delà de l'éco-efficacité: le défi du découplage absolu

La **conception de la durabilité faible**, qui domine actuellement l'économie conventionnelle, **se base sur l'hypothèse que la croissance économique peut être découplée des flux de matière permettant une diminution de l'utilisation des ressources naturelles dans les systèmes de production, notamment grâce à l'innovation technique**. Ce découplage est censé englober à la fois une diminution de la consommation de ressources non renouvelables et une diminution de la production de déchets qui doivent être assimilés par les écosystèmes terrestres. Plus particulièrement, la conception de la durabilité faible suppose que l'innovation technologique ainsi qu'une évolution des comportements vers des modes de consommation plus durables permettront de faire en sorte que la croissance permanente de la consommation soit compatible avec un niveau de protection de l'environnement suffisant. Toutefois, **les preuves de la possibilité de ce découplage entre croissance économique et déplétion du capital naturel montrent des résultats au mieux contrastés**. Certes, nous avons assisté au cours des trois dernières décennies à une augmentation marquée du **découplage relatif, c'est-à-dire à une diminution de l'utilisation de capital naturel par unité de production économique** (mesurée par exemple sur la base du PIB), que l'on peut en partie attribuer à une éco-efficacité accrue (une utilisation plus efficace des ressources ou une réduction de l'intensité de la pollution pour chaque unité de production économique). La figure 1.2. présente la hausse des niveaux d'efficacité énergétique de cinq pays développés. En outre, les émissions de carbone dans les pays en développement ont généralement connu une baisse progressive durant les années 1990. En revanche, depuis 2000, ces gains ont été à peu de choses près intégralement compensés par la mise en œuvre de technologies inefficaces du point de vue des émissions de carbone dans les pays en développement (Jackson, 2009a, p. 49).

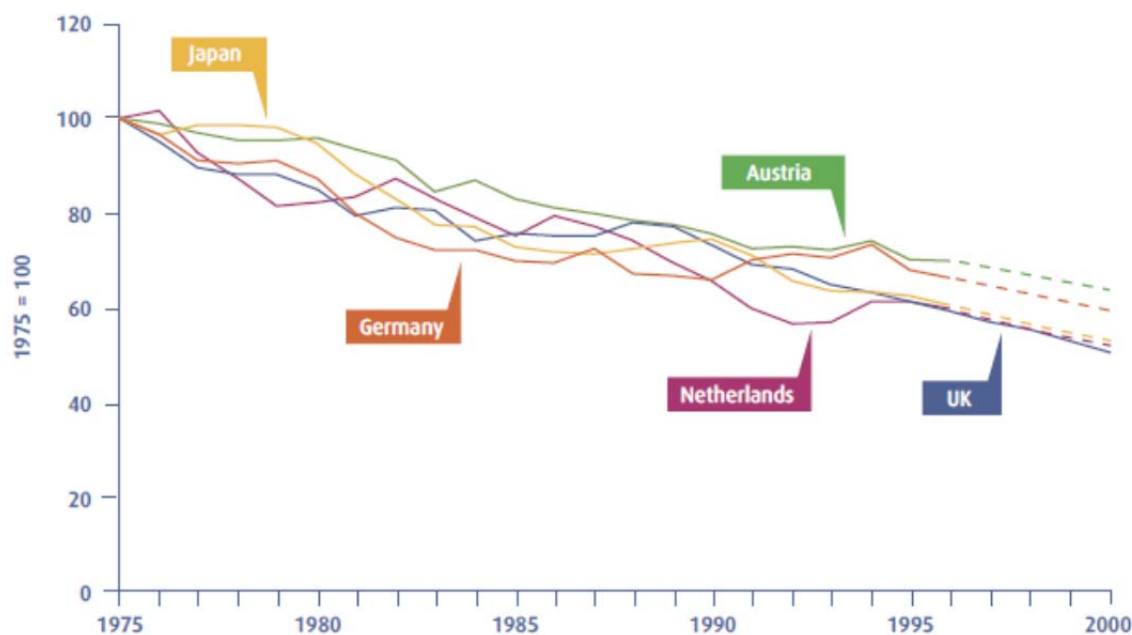


Figure 1.2. Découplage relatif dans des pays de l'OCDE entre 1975 et 2000

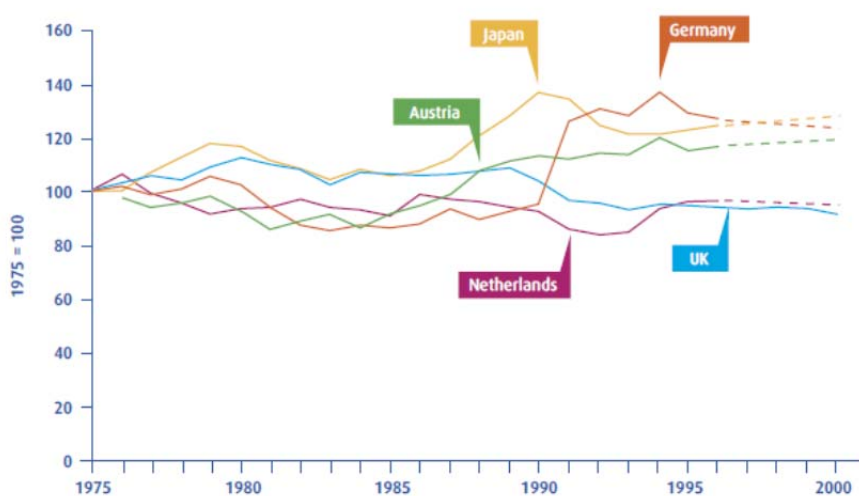
(Source: Jackson, 2009a, p. 49).

Découplage mesuré sous la forme de la Consommation Matérielle Directe (CMD) par unité de PIB, 1975 servant d'année de référence. La figure est basée sur des estimations approximatives. Une utilisation plus précise des données statistiques révèle toutefois une tendance semblable en ce qui concerne le découplage relatif (cf. Laurent, 2011). L'indicateur utilisé (CMD) mesure la quantité totale de matériaux directement mise en œuvre dans l'économie, et en retranche les matériaux exportés. L'indicateur de consommation matérielle directe (CMD) n'inclut pas l'externalisation de la production/extraction « sale » vers les autres pays. L'utilisation de la consommation matérielle totale (CMT), chaque fois que possible, offrirait l'avantage d'une précision accrue (Eurostat, 2001) et donnerait lieu à un scénario moins optimiste, même en ce qui concerne le découplage relatif.

Si le découplage relatif constitue indubitablement une condition nécessaire à la durabilité écologique, il n'en est pas pour autant une condition suffisante. Premièrement, même en termes relatifs, la tendance mondiale à l'amélioration de l'efficacité dissimule des écarts significatifs entre pays développés et pays en développement. Deuxièmement, **l'important, du point de vue de la durabilité écologique, est d'obtenir un découplage absolu, c'est-à-dire la réduction en termes absolus de l'augmentation de l'utilisation des ressources naturelles.** Et il importe de noter que **le découplage relatif n'a pas conduit à ce découplage absolu à l'échelle mondiale.** En effet, la consommation mondiale d'énergie a plutôt continué à augmenter en termes absolus pendant la période considérée, entre 1975 et 2000. Par exemple, selon les estimations de Tim Jackson, même si l'efficacité relative de l'utilisation de l'énergie a augmenté dans l'OCDE, les gains globaux d'efficacité énergétique atteignant jusqu'à 50 % dans certains pays, la consommation énergétique a aussi augmenté ou est restée au même niveau dans ces pays (Jackson, 2009a, p. 50). D'autres estimations soulignent toutefois la possibilité de réaliser un certain niveau de découplage absolu en Europe. Celui-ci résulterait de la délocalisation des sites de production d'entreprises européennes vers des pays n'appartenant pas à l'UE. Par exemple, selon les données mises à disposition dans le rapport du GIEC, les émissions totales de gaz à effet de serre de l'UE sont restées plus ou moins stables durant la période 1996-2007, alors que le PIB réel a augmenté de 30 % (Laurent, 2011). En revanche, la consommation totale de ressources naturelles et l'accumulation de déchets résultant de la

consommation de l'UE ont continué à augmenter pendant la même période, si l'on inclut l'impact écologique de la délocalisation des sites produisant des produits de consommation destinés à l'UE situés dans des pays n'appartenant pas à l'UE. Par conséquent, l'impact réel de la croissance économique de l'UE sur les émissions de gaz à effet de serre est beaucoup plus élevé et les éléments probants qui sont à notre disposition ne confirment pas le découplage absolu lorsqu'il est mesuré par la consommation matérielle totale dans l'UE (Laurent, 2011).

Conséquence de ces tendances, même si les émissions de carbone provenant des combustibles fossiles ont augmenté plus lentement que l'activité économique, en 2007, elles étaient toujours 80 % plus élevées qu'en 1970 et 40 % plus élevées qu'en 1990, année de référence du protocole de Kyoto (GIEC, 2007). Cette situation est particulièrement alarmante étant donné que pour atteindre l'objectif de stabilisation du GIEC, situé à 450 ppm, que nous citons plus haut, les émissions mondiales de carbone devraient baisser de 50-85 % d'ici 2050.



**Figure 1.3. Consommation Matérielle Directe (CMD) dans des pays de l'OCDE : 1975-2000**

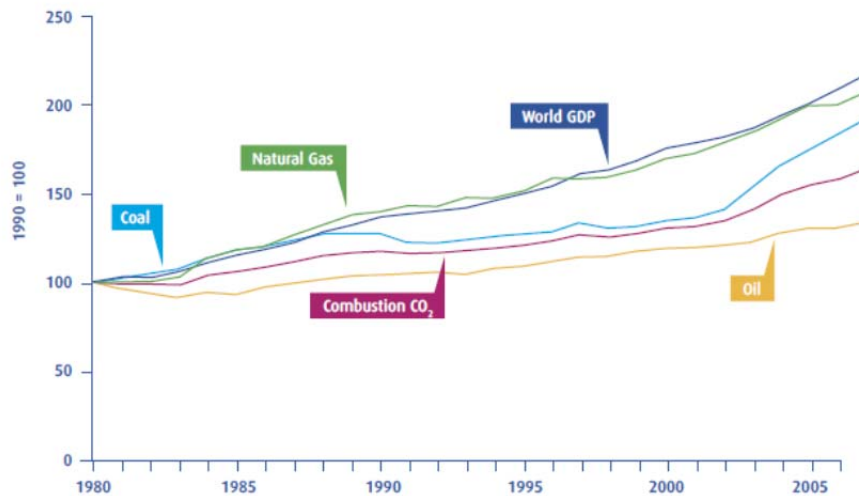
(Source: Jackson, 2009 a, p. 50, données sources provenant de l'AIE, 2008)

Figure basée sur des estimations approximatives. Une utilisation plus précise des données statistiques révèle toutefois un découplage absolu des pays européens – l'une des rares régions du monde dans ce cas de figure – si l'on ne tient pas compte de l'externalisation de la production/extraction « sale » vers les autres pays (Laurent, 2011). Si l'on utilise la consommation matérielle totale (CMT) (voir commentaire sous la figure 1.1), on n'observe pas de découplage absolu, même pour l'Europe (Laurent, 2011).

Pour parvenir à un découplage absolu dans l'économie de marché telle qu'elle existe actuellement avec son orientation vers la croissance du PIB, le taux de progression de l'éco-efficacité devrait être assez important pour contrebalancer les impacts combinés de la croissance de la population et de la croissance des revenus moyens dépensés pour acquérir de nouveaux biens de consommation (Weaver, 2011), qu'ils soient produits sur place ou importés. Il serait également nécessaire que les gains obtenus en matière d'éco-efficacité soient « capturés » et « consacrés » à la réduction, dans l'absolu, de l'utilisation des ressources par l'économie mondiale, plutôt que d'être redéployés de façon à soutenir la poursuite de la croissance matérielle. Cependant, le marché est structuré et orienté de manière à ce que les gains d'efficacité soient consacrés à la poursuite de la croissance à



travers l'expansion de la demande de consommation, sans que l'on intègre les limites intrinsèques de cette croissance au-delà des seuils critiques du capital naturel.



**Figure 1.4. Évolution de la consommation de combustibles fossiles et des émissions de CO<sub>2</sub> qui y sont associées : 1980-2007.**

(Source: Jackson 2009a, p. 50).

Si les conditions des marchés mondiaux restent inchangées, l'investissement dans la recherche et développement pour accélérer l'éco-efficacité est donc peu susceptible de se traduire par un découplage absolu (Weaver, 2011 Ibid.). En outre, paradoxalement, les gains en efficacité énergétique peuvent aussi entraîner une augmentation de la consommation énergétique ou, dans de nombreuses situations, ne générer que des gains environnementaux moins importants que prévus à cause de ce que l'on appelle l'effet rebond (Saunders, 1992). Par exemple, une augmentation de 5 % de l'efficacité du carburant utilisé dans les véhicules peut entraîner une baisse de la consommation de carburant limitée à 2 % parce que l'augmentation de l'efficacité incite le consommateur à rouler plus vite ou davantage qu'auparavant. Par conséquent, aucune raison (ou élément probant crédible) ne nous permet de prévoir que le recours à la logique politique et économique conventionnelle fondée sur l'amélioration de l'éco-efficacité dans le cadre du modèle de développement actuel permettra de résoudre le problème de la rareté des ressources. Cet état de fait appelle à dépasser la conception de la durabilité faible et à revisiter le rôle habituel du travail scientifique dans le domaine du développement durable, qui se soucie trop souvent de n'entreprendre des recherches que sur la substitution des ressources par la technologie, l'augmentation de la productivité de l'énergie et la réduction des émissions de déchets et de la pollution (Saunders, 1992). Nous discuterons plus bas, dans le chapitre 3, de ces implications pour la recherche scientifique, dans le cadre d'une approche reconnaissant la nécessité de se concentrer sur le découplage absolu.



## 1.2. Le défi de l'équité sociale pour le développement durable

**Le caractère inégal de la répartition des richesses dans le monde a résulté d'un développement économique par l'extraction des ressources destinées aux industries favorables à la croissance, dans la mesure où la limite des ressources terrestres influence nécessairement la possibilité des quelque sept milliards d'êtres humains de bénéficier de ces richesses.** Une enquête de la Banque mondiale réalisée en 1999 a montré que le ratio entre les revenus moyens des 5 % les plus riches et des 5 % les plus pauvres était passé de 78/1 en 1988 à 114/1 en 1993 (Milanovic, 2002). De nouveaux éléments probants sur les changements intervenus en matière de pauvreté et de revenus dans les pays de l'OCDE montrent une tendance similaire dans les pays industrialisés au cours des 25 dernières années. Dans la plupart des pays de l'OCDE, les inégalités de revenus étaient plus marquées vers le milieu de la décennie 2000 qu'elles ne l'étaient vers le milieu de la décennie 1980. Au cours des cinq dernières années, la pauvreté et les inégalités ont progressé dans deux tiers des pays de l'OCDE (OCDE, 2011). Plus particulièrement, les inégalités ont crû y compris dans des pays comme la Suède et le Danemark où elles sont généralement faibles. Quant au Japon et à Israël, les revenus annuels moyens des couches inférieures y ont chuté. Mais certains pays ont aussi pris le contrepied de cette tendance : en France, en Espagne et en Grèce (avant la crise financière de 2008), les inégalités de revenus ont baissé au cours des 20 dernières années et le fossé entre les riches et les pauvres s'est comblé depuis 2000 au Mexique comme au Royaume-Uni, ce qui prouve que l'accroissement des inégalités n'a rien d'inévitable.

Ces statistiques sur l'égalité ne représentent bien entendu qu'une estimation très grossière et ne font qu'indiquer certaines tendances qu'il conviendrait d'examiner plus en détail. En particulier, considérer l'inégalité de revenu comme une mesure appropriée de l'inégalité sociale ne sera que faiblement pertinent pour analyser la relation entre inégalité et développement durable. Dans le ce contexte, il suffit de rappeler que les réseaux de protection sociale varient d'un pays à l'autre. Par conséquent, un niveau semblable d'inégalité de revenus produira un impact différent sur le bien-être humain selon les pays. Par conséquent, et comme nous le dirons plus loin, toute comparaison utile de l'inégalité doit s'appuyer d'abord sur des indicateurs alternatifs qui intègrent des dimensions plus larges du développement humain comme la qualité de vie et/ou les capacités (voir point 3.3.1). Cependant, dans la situation actuelle, ces méthodologies alternatives sont encore en développement (Schiellerup et al.; 2009). Quoi qu'il en soit, la nécessité grandissante d'utiliser des méthodologies alternatives ne fait que renforcer l'argument qui stipule que l'inégalité sociale est étroitement liée à des dimensions plus larges du développement humain.

Les inégalités à l'échelle du monde ou au sein de chaque pays constituent aussi une question cruciale dans le contexte de la transition vers la durabilité forte. **Premièrement, les répercussions de la dégradation de l'environnement se font surtout sentir sur les populations pauvres des pays en développement** (Srinivasan et al., 2008; CMED, 1987). En effet, les pays développés reportent dans le temps ou relocalisent les effets néfastes vers des pays plus pauvres, qu'il s'agisse de technologies dangereuses ou d'industries polluantes (Andersson et Lindroth, 2001), tout en continuant à consommer d'importants volumes de matières premières et d'énergie en provenance de ces mêmes pays. Par ailleurs, la montée de la pauvreté et du chômage a accru la pression sur les ressources environnementales parce que davantage de gens ont été contraints de baser leur subsistance plus directement sur elles, notamment dans les pays en développement. Par exemple, dans de nombreux

pays africains, la faible qualité de vie, le manque d'énergie et de choix quant aux moyens de subsistance entraînent le déclin des écosystèmes et la migration des couches défavorisées de la population (Van der Leeuw et al., 2012). **Deuxièmement**, bien que ces problématiques et l'ampleur de leurs répercussions soient moins spectaculaires **dans les pays industrialisés, on y a également observé des tendances similaires, c'est-à-dire un impact plus important de la dégradation de l'environnement sur les populations vulnérables**. Nous citerons à titre d'exemple le fait que des recherches récentes sur la justice environnementale dans les pays industrialisés ont abouti à la conclusion que les quartiers pauvres et habités par des minorités avaient davantage de chances d'abriter des installations commerciales de stockage de déchets dangereux, des sources de polluants toxiques et des sources de pollution de l'air et de l'eau (Baland, Bardhan et Bowles, 2006; Ringquist, 2004 ; Boyce, 2007).

Les disparités de richesse et les écarts d'influence qui y sont associés déterminent non seulement la répartition des ressources naturelles, mais aussi la magnitude globale de l'utilisation de ces ressources (Baland, Bardhan et Bowles, 2006). La raison principale en est qu'à défaut d'équité sociale, une société n'est pas en mesure de construire une base sociale capable de conserver ses ressources naturelles (Shiva, 2011). Ces ressources sont un bien commun et **ce n'est que lorsque la société a organisé une utilisation juste et équitable des services écosystémiques fournis par ces ressources que l'on peut s'attendre à l'émergence d'une préoccupation et d'une action communes pour conserver ces ressources**. Lorsque les inégalités sociales et de pouvoir sont importantes, ceux qui se trouvent au sommet de l'échelle politique et économique peuvent plus facilement polluer l'air et l'eau et causer la déplétion du stock de ressources naturelles de ceux situés en bas de l'échelle, notamment parce que les élites des pays concernés ont la possibilité de payer pour éviter les impacts négatifs de la dégradation des ressources. Quand les disparités sont réduites, ceux qui se trouvent aux échelons inférieurs d'une échelle plus courte sont plus à même de se défendre. Par voie de conséquence, la répartition démocratique des pouvoirs et la distribution équitable des richesses peuvent contribuer à protéger l'environnement. Inversement, la distribution oligarchique du pouvoir et la distribution inéquitable des richesses peuvent exacerber la dégradation de l'environnement. Pour illustrer ce dernier cas de figure, citons l'exemple des exportations massives de bois durs tropicaux aux Philippines pendant la dictature de Marcos des années 1960 et 1970. Ceux qui ont le plus profité de l'industrie du bois entretenaient d'étroites relations avec les responsables politiques et les officiers de l'armée, tandis que ceux qui ont été le plus exposés aux conséquences étaient les pauvres vivant dans ou à proximité de la forêt.

**Malgré ces tendances négatives globales en matière d'équité sociale, de nombreux acteurs de toutes tailles ont lancé des initiatives visant à lutter contre la production conjointe de l'inégalité sociale et de la dégradation de l'environnement**. En particulier, les incitations économiques étatiques, les organisations communautaires locales et les systèmes d'aide à la décision fondés sur les sciences, lorsqu'ils sont conjointement présents, se sont avérées très efficaces dans de nombreux lieux de la planète. Par exemple, dans la biosphère de la Réserve Rio Platano, au Honduras, les communautés locales ont pu mettre un terme à la dégradation des écosystèmes causée par la pauvreté en s'accordant sur des modes alternatifs d'exploitation de leurs écosystèmes partagés et, s'appuyant sur leurs connaissances traditionnelles et un modèle de gouvernance collectif, en réorientant leur économie locale vers des produits forestiers non ligneux comme le cacao, les plantes d'ornement, les médicaments et l'huile (Weaver, 2011). Citons un autre cas survenu en Flandre (Belgique), au milieu des années 1990, où de petits propriétaires forestiers aux ressources limitées

ont été capables de s'auto-organiser en groupes forestiers pour s'attaquer à la dégradation écologique considérable des forêts de pins plantées dans les régions minières. Ces groupes ont eu recours à une gestion écologique commune de la forêt qu'ils ont combiné avec la vente de bois de chauffe, mais se sont aussi souciés de reconstruire leur capital social et l'apprentissage social autour de nouveaux défis en matière de durabilité (Dedeurwaerdere, 2009).

L'interdépendance existant entre dégradation de l'environnement, équité sociale et pauvreté a été mise en lumière par bon nombre de rapports et d'analyses, notamment depuis la fin des années 1980, époque où la publication du rapport Brundtland (CMED, 1987) a mis ce sujet à l'avant-plan à l'échelle mondiale. Les sciences du développement durable, qui placent l'accent sur la complexité des interactions entre le social et l'écologique ainsi que sur un mode d'organisation participatif de la recherche, semblent particulièrement bien équipées pour traiter ces questions et contribuer à l'élaboration de mécanismes politiques appropriés. Pour l'heure, ces conceptions en matière d'inégalités sociales restent encore très marginales (à quelques notables exceptions près, et notamment les études présentées par Baland, Bardhan et Bowles (2006)) ; elles n'ont reçu que très peu d'attention de la part de ceux qui défendent les conceptions dominantes du développement durable. Trop souvent, ces conceptions traditionnelles considèrent les coûts externes de la dégradation de l'environnement comme des sous-produits impersonnels des activités économiques et négligent l'examen minutieux des dynamiques sociales qui conduisent au maintien de ces externalités. D'autre part, les politiques environnementales peuvent aussi entraîner une augmentation des inégalités sociales lorsqu'elles sont appliquées sans prendre dûment en considération leurs impacts sociaux. Le système européen d'échange de quotas d'émission de carbone constitue un exemple caractéristique. Ses coûts sont pour l'essentiel supportés par les consommateurs, à travers l'augmentation des prix de l'énergie. De meilleures synergies avec les politiques sociales comme des aides ciblées aux ménages vulnérables ou aux faibles revenus devraient être intégrées dans la combinaison politique appropriée afin d'atténuer ces conséquences sociales. En l'absence d'une analyse interdisciplinaire, sociale, économique et écologique plus affinée de ces synergies, et sans associer plus largement à l'élaboration des solutions les parties prenantes concernées, il est hautement improbable que les outils politiques conventionnels – qu'ils soient fiscaux, dissuasifs ou basés sur le marché – fondés sur le calcul impersonnel de l'internalisation dans les prix du marché des externalités écologiques, permettent de piloter la transition des sociétés vers une voie de développement durable à long terme.

### 1.3. Comblant le fossé entre les sciences et la société

L'intérêt scientifique et politique pour la dégradation des biens environnementaux communs a crû tout au long des années 1970, essentiellement en réaction aux constats effrayants qui étaient dressés sur la diminution brutale des effectifs de nombreuses espèces, les pluies acides et la déforestation dans les régions tropicales. Cet intérêt est apparu à une époque où des ouvrages écologiques majeurs comme la *Bombe P* (Ehrlich, 1968), *Les limites à la croissance* (Meadows et al., 1972) et l'article de Garrett Hardin *La tragédie des biens communs* (1968) se trouvaient au cœur des débats universitaires et politiques. Ces ouvrages parvenaient tous à des conclusions analogues: l'environnement de la planète était menacé par ce qui semblait relever des attributs les plus fondamentaux de l'être humain (Stern., 2011) : notre désir de procréer, pour Ehrlich ; notre tendance

à accroître sans fin la production et la consommation de biens et de services, pour Meadows ; et, pour Hardin, notre vision à court terme et notre tendance à nous préoccuper avant tout de nous-mêmes. Ces ouvrages ont inspiré un ensemble de réglementations relatives à l'environnement à travers lesquelles les gouvernements des États se sont efforcés « de maîtriser et de contrôler » les appétits humains. Il s'agissait d'outils politiques conventionnels comme la réglementation directe, les incitations ou la création de marchés. Malgré des progrès importants et substantiels dans certains domaines précis (comme la lutte contre les pluies acides et la pollution des cours d'eau ou la multiplication des zones protégées dans les pays industrialisés), la plupart de ces politiques étaient basées sur des **modèles simplifiés à outrance et des solutions « miracles »**, si bien qu'il ne s'est pas produit une transition globale vers une voie de développement plus durable (Stern, 2011).

La vision de Hardin, en particulier, a eu une influence fondamentale. Sa solution à la crise était la « coercition par consentement mutuel ». Son propos semble exagérément simplifié à deux niveaux (Dietz et al. 2003) : il affirmait que seuls deux mécanismes institutionnels – le gouvernement centralisé pour certains problèmes et la poursuite de la privatisation des biens pour d'autres problèmes – pouvaient garantir la pérennité des biens communs à long terme et il présupposait que les utilisateurs de ressources étaient piégés dans des dilemmes propres aux biens communs et qu'ils étaient donc incapables de créer des solutions. Il n'a pas tenu compte du fait que de nombreux groupes sociaux se sont battus avec succès contre les menaces posées par la dégradation des ressources en développant et en maintenant des institutions autonomes au sein de communautés et de réseaux sociaux. En outre, il supposait que des règles coercitives ou des mesures de stimulation du marché étaient les seuls moyens adéquats pour gérer les biens communs, ignorant que les normes sociales ou les valeurs personnelles favorables aux biens communs pouvaient tout à fait donner lieu à des cadres de gouvernance durables. Même si les institutions issues de gouvernements locaux et décentralisés ou nées d'une action collective non étatique n'ont pas toujours abouti, les solutions alternatives fondées sur la responsabilisation privée ou étatique préconisées par Hardin n'ont pas été plus efficaces.

Le problème principal de ces premières initiatives de réglementation environnementale ne tient pas à leur caractère inapproprié, mais au fait qu'elles ont été présentées comme des solutions « miracles », laissant de côté toute possibilité d'appliquer des processus plus interactifs et plus participatifs entre scientifiques, responsables politiques et parties prenantes. **C'est surtout dans les années 1980 et 1990**, à partir du grand tournant pris sous l'administration Reagan vers la déréglementation néolibérale du marché, que les **solutions basées sur le marché ont été considérées comme la panacée**. Il est surprenant, par exemple, que des outils axés sur le marché comme des permis échangeables et négociables dans l'agriculture, les certificats d'émission de carbone prévus par le protocole de Kyoto ou encore les permis échangeables de la politique européenne de la pêche, continuent d'être présentés comme des méthodes optimales pour résoudre des problèmes de contribution aux biens collectifs environnementaux sans contrepartie ou pour gérer efficacement des ressources collectives (Pearce et al., 1989). Les marchés de permis échangeables, comme tout arrangement institutionnel, souffrent de limitations notables (Dietz et al., 2003). Les permis échangeables ne prévoient généralement pas de protection des ressources qui ne sont pas couvertes spécifiquement par les règles relatives aux transactions (par exemple les captures collatérales d'espèces de poisson qui ne sont pas couvertes par le permis) et leur efficacité se détériore lorsque le contrôle est difficile (par exemple, dans le cadre du protocole de Kyoto, la

question de savoir si le carbone séquestré géologiquement restera séquestré). Des problèmes peuvent aussi survenir au niveau de l'octroi initial des quotas, en particulier lorsque les utilisateurs historiques, susceptibles d'être les acteurs dont le comportement doit le plus changer, disposent d'un pouvoir disproportionné sur les décisions d'octroi ou sur les gouvernements locaux qui ne parviennent pas à faire appliquer leurs obligations de payer en vertu de ce régime (comme dans le cas d'Arcelor-Mittal en Wallonie, Belgique). Cette pensée de la panacée a conduit certains acteurs à promouvoir la propriété privée et/ou l'intervention étatique dans toutes les situations de déclin de l'environnement (comme la création de zones protégées comme solution unique pour lutter contre le déclin de la biodiversité) ou à définir des conceptions collaboratives à travers la participation des communautés comme des remèdes miracles, au grand désarroi des chercheurs actifs dans ce domaine (Ostrom et al., 2007).

**La pensée de la panacée a beau avoir engendré de mauvaises politiques environnementales, elle reste profondément ancrée dans la pratique scientifique actuelle.** Elle reste profondément ancrée dans les conseils d'experts aux gouvernements, en raison notamment de la dominance du modèle épistémologique hypothético-déductif en vigueur dans les sciences biophysiques, qui génère des affirmations prétendument neutres sur le plan éthique et, à laquelle il est aisé de recourir pour le conseil politique malgré ses nombreux échecs dans l'appréhension des systèmes socio-écologiques complexes et couplés à des échelles multiples et dans des conditions de forte incertitude\*\*. Au lieu d'adopter une classe simple de modèles formels, par exemple en réduisant le comportement des individus à un simple modèle de maximisation égoïste de l'utilité, il conviendrait d'accorder davantage d'attention à la diversité des historiques institutionnels et à l'ensemble des motivations comportementales, comme l'ont défendu les spécialistes du développement durable au cours des deux dernières décennies (Ostrom, 2007 ; Young, 2002). Une telle évolution, en revanche, nécessitera la mise en place d'une organisation plus interdisciplinaire, itérative et ouverte de l'interaction entre les sciences et les responsables politiques, en étroite collaboration avec les parties prenantes impliquées qui peuvent contribuer à cadrer le problème, tout en veillant à une évaluation et à une révision permanente des solutions proposées.

## Chapitre 2 : Principes des sciences du développement durable

Un nombre croissant de chercheurs, de praticiens et de responsables de la politique scientifique se sont engagés dans les sciences du développement durable au cours des 20 dernières années. Cette évolution reflète l'inquiétude grandissante des responsables politiques, des chefs d'entreprise et du grand public concernant l'incapacité dans laquelle se trouvent les sciences d'apporter des solutions opérationnelles aux défis du développement durable décrits ci-dessus. Plus récemment, l'intérêt croissant pour les sciences du développement durable a été généré par des phénomènes visibles comme l'augmentation des prix pétroliers et alimentaires, le réchauffement planétaire, la disparition permanente de certaines espèces et la persistance de la perte de biodiversité des écosystèmes riches. Comme l'on fait remarquer de nombreux observateurs, les **sciences du développement durable** ne sont pas une discipline scientifique au sens d'une quelconque définition habituelle (Rapport, 2007; Perrings, 2007). Elles constituent plutôt un domaine de recherche **caractérisé par une nouvelle forme de collaboration entre les disciplines ainsi qu'entre disciplines et parties prenantes du développement durable**. Dans un numéro spécial de *Proceedings of the US National Academy of Science*, Elinor Ostrom indiquait que si les sciences du développement durable devaient mûrir jusqu'à devenir un domaine de recherche à partie entière, elles devaient utiliser les connaissances acquises dans les disciplines distinctes que sont l'anthropologie, la biologie, l'écologie, l'économie, les sciences de l'environnement, la géographie, l'histoire, le droit, les sciences politiques, la psychologie et la sociologie dans le dessein de développer et de renforcer les moyens de diagnostic et d'analyse des parties prenantes directement confrontées à des problèmes pratiques de durabilité (Ostrom et al., 2007).

L'objet principal des sciences du développement durable consiste à atteindre l'objectif politique du développement durable, qui englobe des dimensions écologiques, économiques, sociales, culturelles et de gouvernance (Patterson and Glavovic, 2012). Elles constituent un domaine de recherche à la fois interdisciplinaire et transdisciplinaire – qui combine en d'autres termes expertise scientifique et non scientifique, voir point 2.3 ci-dessous – en s'efforçant de comprendre les complexités propres aux systèmes socio-écologiques couplés et d'élaborer des solutions pratiques qui promeuvent la durabilité écologique, économique et sociale.

D'évidence, les sciences du développement durable sont un domaine de recherche encore jeune dont, du moins initialement, les axes de recherche diffèrent en Europe, au Japon et aux États-Unis. Comme l'a noté Jaeger (2011) dans son panorama du domaine, les praticiens européens se sont rapprochés initialement des processus participatifs et itératifs orientés vers la mise en œuvre, tandis que le Japon a d'abord appliqué des conceptions basées sur la technologie, n'accordant davantage d'attention aux dimensions humaines que récemment. Les États-Unis, pour leur part, ont accordé la priorité à la recherche interdisciplinaire sur les systèmes socio-écologiques complexes. Quoi qu'il en soit, malgré ces divergences initiales, les discussions et les projets de la communauté scientifique au cours des dernières décennies ont permis de clarifier les caractéristiques communes des sciences du développement durable. En particulier, des discussions récentes dans les magazines *Sustainability Science et Ecological Economics* ont permis d'orienter le domaine de recherche des sciences du développement durable selon trois dimensions de recherche principales (Wiek et al., 2012 ; Baumgaertner et Quaas, 2010) :

- (1) premièrement, les sciences du développement durable doivent répondre à la question de savoir comment des **systèmes socio-écologiques couplés** ont évolué (passé), évoluent (présent) et pourraient évoluer (futur) afin de définir les principaux problèmes de durabilité à traiter ;
- (2) deuxièmement, dans le contexte de cette acception des défis liés à la durabilité, les sciences du développement durable doivent préciser quels sont les **objectifs éthiques de la durabilité** à atteindre en prenant en compte les limites intrinsèques de l'exploitation des ressources de la terre et établir l'aspect et le fonctionnement de systèmes socio-écologiques couplés dans le cadre d'un ensemble donné d'orientations éthiques ;
- (3) troisièmement, les sciences du développement durable doivent **explorer, en collaboration avec les parties prenantes concernées, les scénarios de transition viables** pour les systèmes socio-écologiques couplés et déterminer quelles stratégies adopter pour trouver des solutions aux problèmes de durabilité.

**Comme on peut le déduire de ces trois dimensions principales, les sciences du développement durable combinent une perspective analytico-descriptive\*\* des systèmes socio-écologiques couplés, un agenda transformatif dans le cadre d'une perspective explicitement éthique de la durabilité, et une intégration des parties prenantes.** À la lumière de cet accent placé sur un agenda de nature transformative et au vu de l'objectif, c'est-à-dire combler le fossé entre les sciences et la société, certains chercheurs ont qualifié les sciences du développement durable de science appliquée (Clark et Dickson, 2003). Il est clair néanmoins que cette perspective fait l'impasse sur les interdépendances étroites au sein de la perspective éthique de la durabilité, sur la nécessité d'appliquer des conceptions théoriques novatrices aux systèmes socio-écologiques couplés et sur l'agenda transformatif, comme le montre le besoin de repenser entre autres les sciences politiques, l'économie et la psychologie pour s'attaquer aux problèmes posés par le développement durable (Brousseau et al., 2012a ; Brousseau et al., 2012b). En outre, comme le souligne le rapport du groupe d'experts MASIS *Challenging Futures of Science in Society*, élaboré pour la Direction générale de la Recherche de la Commission européenne, marier des perspectives analytico-descriptives avec des dimensions contextuelles éthiques et liant des parties prenantes n'est pas inhabituel dans la recherche scientifique (Union européenne, 2009). En effet, le présent rapport l'affirme d'ailleurs sans détours, le contraste entre recherche formelle hypothético-déductive fondamentale et appliquée, d'une part, et pertinence (en termes de contexte spécifique et d'orientations éthiques), d'autre part, n'est pas un contraste de principes (Ibid., p. 12). Le contraste relève davantage d'une division institutionnelle du travail que de la nature de la recherche scientifique. L'histoire comme les sciences actuelles regorgent d'exemples où s'associent recherche scientifiquement fondée et recherche pertinente du point de vue de la société (cf. Stokes, 1997 ; Rip, 1997). Cette conjonction n'est pas présente de la même façon dans toutes les disciplines et dans tous les domaines scientifiques mais, comme le montre le débat actuel sur le développement durable, elle constitue de toute évidence un trait essentiel des sciences du développement durable.

Sur le plan institutionnel, l'ouverture de centres de recherche transdisciplinaires à divers champ de recherche qui vont au-delà des sciences du développement durable est un indicateur pertinent de l'importance croissante de ces programmes de recherche combinant excellence scientifique conventionnelle et pertinence sociale. Les centres de recherche en ingénierie américains, les centres de recherche interdisciplinaires britanniques et les centres de recherche collaborative australiens sont tous apparus dans les années 1980 et, à l'heure actuelle, des centres de ce type fonctionnent



également dans toute l'Europe (Commission européenne, 2009, p. 13). Aux Pays-Bas, en Scandinavie et en Allemagne (à travers l'institut Fraunhofer, par exemple), une proportion non négligeable du financement de la recherche publique est aujourd'hui consacrée à la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire. Si les sciences du développement durable sont encore des nouvelles venues, ce champ émergent a de fortes chances de devenir un membre incontournable du groupe des programmes de recherche directement pertinents sur le plan social, au vu des défis évoqués plus haut.

## **2.1. La durabilité forte en tant que fondement normatif des sciences du développement durable**

Le développement durable est entré dans le discours politique dominant au cours des deux dernières décennies. Il n'empêche que, dans la pratique, les objectifs politiques relatifs à la durabilité sont souvent très modestes, notamment en raison du fait que de nombreux acteurs restent persuadés que le découplage est possible – alors que de plus en plus d'éléments probants attestent de l'impossibilité d'obtenir un découplage général entre la croissance économique et l'utilisation d'une quantité croissante de ressources naturelles, voir chapitre 1 ci-dessus –, mais aussi à cause de la tension avec le modèle dominant d'une économie de consommation à faibles taux d'intérêt. Il importe par conséquent de dépasser les vœux pieux prononcés autour de la notion du développement durable et de préciser qu'elle en est la teneur telle qu'elle ressort des débats actuels sur l'éthique environnementale et les théories de la justice.

### **2.1.1 Définir l'éthique de la durabilité forte**

De manière générale, le développement durable a pour objectif de garantir la justice dans le domaine des relations socio-écologiques entre les humains et l'environnement et dans un avenir à long terme, foncièrement incertain. Cette justice englobe à la fois la justice entre des êtres humains de générations différentes (justice intergénérationnelle) et la justice entre différents êtres humains de la même génération (justice intragénérationnelle) (Baumgaertner et Quaas, 2010). Ces aspects sont exprimés, par exemple, dans la définition communément acceptée figurant dans le rapport de la commission Brundtland des Nations unies de 1987 (CEMD, 1987, p. 43.):

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de "besoins", et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité ; et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. »

Cette définition conventionnelle du développement durable reste pourtant très abstraite. En effet, elle se contente de dire que, dans la perspective à long terme des relations socio-écologiques entre l'être humain et l'environnement, les membres de la génération actuelle possèdent «quelque chose» dont d'autres membres de la génération actuelle et des membres des générations futures ont besoin



pour satisfaire leurs besoins, et que nous devons donc préserver de manière satisfaisante. Mais quel est au juste ce « quelque chose » ?

Certains ont affirmé que nous devons transmettre un certain niveau de bien-être économique aux générations futures. En ce sens, les générations futures, en principe, devraient jouir d'un niveau de bien-être similaire ou même plus élevé que les générations actuelles. Une telle vision ne semble pourtant pas défendable (Claassen, 2011, p. 204). Pour commencer, le bien-être économique ne conduit pas nécessairement à une meilleure satisfaction de nos aspirations dans la vie ou à une société plus juste (voir également les discussions sur le PIB au point 3.3.1 ci-dessous). Deuxièmement, même si nous utilisons le « bien-être » et non pas sur une mesure de la prospérité matérielle pour évaluer nos aspirations dans la vie, il reste impossible de transmettre directement le bien-être aux générations futures. Le bien-être des générations futures sera déterminé par diverses circonstances sur lesquelles nous n'avons pas de prise maintenant. Troisièmement, les générations futures ont leur propre autonomie morale et feront leurs propres choix. **Mieux comprendre le développement durable, c'est nous efforcer de préserver la possibilité de toutes les générations actuelles et futures de faire leurs propres choix du point de vue de leurs aspirations à une vie accomplie et équitable.**

La possibilité pour d'autres membres des générations actuelles et futures d'acquérir un certain niveau d'autonomie de choix peut se comprendre à travers la combinaison des deux types de capital évoqués au point 1.1 : le capital naturel et le capital humain (Claassen, 2011, p. 204). Le capital humain inclut le capital produit/technologique comme les artefacts technologiques et les produits du travail, le capital culturel, le capital social et les institutions. Le capital naturel inclut les ressources naturelles vivantes et non vivantes ainsi que les écosystèmes et les services qu'ils fournissent. Comme nous l'avons vu ci-dessus, les analyses actuelles montrent qu'**il est illusoire de croire qu'en transmettant le niveau nécessaire de capital humain aux générations futures, la technologie nous permettra de substituer l'ensemble du capital naturel par l'une ou l'autre forme de capital produit/technologique en conservant un même niveau de choix.** Par conséquent, pour préserver la capacité des générations actuelles et futures de faire leurs propres choix, il convient de déployer des efforts pour conserver intactes certaines formes de capital naturel. En bref, il est nécessaire d'adopter une perspective de durabilité forte concernant les ressources naturelles qui sont critiques pour maintenir ces possibilités de choix dans le futur à court et long termes.

### 2.1.2 La tâche consistant à opérationnaliser le cadre éthique

La discussion actuelle sur la durabilité génère parmi les responsables politiques et scientifiques un consensus croissant sur le fait que la préservation de la capacité de choix des générations actuelles et futures entraîne le devoir de préserver certaines formes critiques de capital naturel (Claassen, 2011). Pour autant, cette conclusion ne permet pas encore aux responsables politiques et aux scientifiques de clore le débat sur la signification du développement durable, pas plus qu'elle ne conduira à l'adoption d'une définition unique et uniforme des objectifs pratiques à convenir pour atteindre la durabilité. En effet, **choisir d'investir dans divers éléments critiques du capital naturel implique toujours des choix et des orientations éthiques, au-delà des considérations techniques sur l'efficacité et des contraintes technologiques.** Notamment, l'établissement du niveau critique de capital naturel dépendra à la fois de la compréhension qu'ont les scientifiques de la dynamique complexe des systèmes socio-écologiques complexes et du débat de société au sens large sur les

orientations éthiques. Cette interdépendance complexe entre les discussions sur les valeurs normatives et les connaissances factuelles est l'une des raisons qui justifierait de mener des travaux sur l'éthique environnementale dans le cadre d'un dialogue étroit avec l'analyse socio-économique et les sciences de l'environnement, entre autres. Elle donne aussi davantage de poids au raisonnement développé par la plupart des spécialistes du développement durable sur la nécessité de promouvoir ensemble les trois exigences des sciences du développement durable, à savoir la meilleure compréhension de la dimension éthique, l'analyse des systèmes socio-écologiques complexes et couplés, et l'agenda transformatif. Par conséquent, **ces questions liées à l'opérationnalisation de la durabilité forte devraient être considérées comme des questions de recherche et non pas uniquement comme des tâches de mise en œuvre destinées à des personnes extérieures au champ des sciences du développement durable.**

Dans son analyse de la durabilité, Rutger Claassen donne quelques exemples intéressants des débats actuels susceptibles d'illustrer ce dernier point en recourant à une mesure technique possible du capital critique, à savoir la notion d'empreinte écologique d'un seul individu (Claassen, 2011). L'empreinte écologique mesure toutes les ressources utilisées par un individu (du poisson à la viande en passant par le papier et le pétrole) sous la forme d'hectares de terre biologiquement productive et de surface marine nécessaires pour fournir ces ressources et assimiler les déchets qui y sont associés. Sur la base du modèle de l'empreinte écologique, il est possible d'estimer quelle partie de la terre (ou combien de planètes terre) serai(en)t nécessaire(s) pour soutenir l'humanité si chacun avait un style de vie donné. Compte tenu de la population mondiale actuelle, chaque être humain dispose de 1,8 hectares. À l'heure actuelle, l'empreinte écologique moyenne par individu du mode de vie belge s'élève à 8 ha, tandis que l'empreinte moyenne du mode de vie chinois est de 2,2 hectares et celle du mode de vie indien, de 0,9 hectare (Comptes nationaux d'empreinte écologique, 2012). À l'échelle mondiale, la situation actuelle entraîne une utilisation moyenne de 2,7 hectares par être humain en 2007, une situation de toute évidence non viable. **En d'autres termes, pour 2007, l'empreinte écologique totale de l'humanité était estimée à 1,5 planètes terre, ce qui signifie que l'humanité recourt aux services écologiques 1,5 fois plus vite que la terre ne peut les renouveler.**

La première question éthique à trancher dans l'analyse des données sur l'empreinte écologique est de savoir **quelles espèces méritent d'être incluses dans la mesure des besoins présents et futurs en terme de capital naturel.** Ce calcul des 1,8 hectares (voir supra) est obtenu uniquement sur la base de l'utilisation directe de la planète par les êtres humains. La plupart des spécialistes du développement durable soulignent la nécessité d'inclure un certain niveau de capital naturel pour d'autres espèces également, afin de maintenir un certain niveau de diversité biologique sur terre. L'inclusion d'autres espèces a aussi un coût : selon une étude de Jones et Jacobs (2007), sur la base d'un tel scénario modifié, le nombre d'hectares disponibles passerait à 1,6 ha par personne (contre 1,8 dans un scénario basé exclusivement sur les besoins humains). La question de savoir dans quelle mesure un tel « don » se justifierait est particulièrement controversée. Certains pensent que l'éthique anthropocentrique dont participe l'analyse de l'empreinte écologique originale est inacceptable et que nous devons adopter une perspective écocentrique qui accorde aussi à la nature une valeur intrinsèque (Sober, 1986; Desjardins, 2005). D'autres soutiennent que les êtres humains sont dépendants de la résilience des écosystèmes – c'est-à-dire de leur capacité de se régénérer après des perturbations ou des chocs graves – et que la biodiversité est cruciale pour garantir cette résilience. C'est pourquoi il serait superflu d'adopter une perspective écocentrique qui inclurait une utilité indirecte et à long terme de la biodiversité pour les êtres humains dans le calcul de l'empreinte

biologique. D'autres encore mettent en évidence l'importance de la conservation de la nature en tant que composante du capital culturel, dans la mesure où la nature possède aussi une valeur sacrée ou esthétique pour bon nombre de communautés humaines et d'individus et qu'elle joue donc un rôle important dans leur aspiration à mener une vie digne de ce nom.

**La deuxième question éthique est de déterminer avec quelle pondération nous devons intégrer la croissance de la consommation dans les économies en développement et émergentes.** En effet, même si l'empreinte écologique dans les pays riches doit diminuer, il serait équitable d'admettre que les économies en développement et émergentes ont le droit de continuer à se développer et de faire passer leur empreinte écologique de leur moyenne actuelle de 0,5 hectare à 1,5 hectares par personne. Cependant, une telle perspective conduit à considérer que toutes les ressources naturelles sont une sorte de patrimoine commun à partager équitablement par tous. Ce dernier raisonnement ne va pas sans susciter des questions politiques complexes puisque le calcul de l'empreinte écologique en Belgique, par exemple, englobe aussi l'utilisation dans le cadre du mode de vie moyen belge, d'hectares à l'extérieur de la Belgique, situés dans des pays en développement, pour satisfaire nos propres besoins (comme les hectares de forêt tropicale coupés pour produire du soja destiné à l'alimentation animale en Belgique), que ce soit en terme d'utilisation directe des ressources ou d'assimilation des déchets qui y sont associés. Par conséquent, la question des limites des ressources de la planète ne peut pas être considérée séparément des questions d'équité mondiale du point de vue de la jouissance de ces ressources.

Comme tout indicateur, l'empreinte écologique souffre de beaucoup de lacunes. Il doit être envisagé conjointement avec d'autres modes de calcul possibles pour opérationnaliser l'éthique de la durabilité forte. Cependant, ce que montrent ces questions éthiques mises en évidence par Rutger Claassen (2011), c'est la nécessité d'aller au-delà du calcul technique d'experts sur les seuils critiques du capital naturel. En effet, lorsqu'elle opérationnalise l'éthique de la durabilité forte, la recherche sur le développement durable doit aussi s'attaquer aux diverses orientations éthiques qui jouent un rôle dans la définition concrète de certains critères de durabilité d'une collectivité, d'une ville, d'une région ou d'un pays donné, par rapport au calcul technique, effectué par des experts, des seuils critiques du capital naturel. Pour résumer, pour opérationnaliser la dimension éthique des sciences du développement durable, il est nécessaire d'éclairer les discussions éthiques sur les objectifs spécifiques à atteindre pour garantir la durabilité dans un contexte donné, tout en construisant un terrain d'entente sur des cadres et des indicateurs éthiques généraux. Les tâches à accomplir pour préciser les fondements éthiques des sciences du développement durable et apporter une contribution efficace à l'élaboration des politiques sont les suivantes (cf. Baumgaertner et Quaas, 2010) :

- le développement de notions spécifiques de l'efficacité et de la justice au sein des systèmes socio-écologiques et de l'éthique correspondante portant explicitement sur le futur à long terme, par nature incertain et même, dans une certaine mesure, largement inconnu ;
- l'éclaircissement des relations entre les différentes orientations éthiques de diverses parties prenantes du développement durable et l'identification de conflits et de compromis potentiels ;
- l'élaboration d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs opérationnels définissant les orientations éthiques et la détermination d'objectifs adéquats et de valeurs tolérables des indicateurs dans des contextes spécifiques.

## 2.2. Une perspective intégrée sur les systèmes socio-écologiques

Plusieurs caractéristiques des problèmes persistants de non-durabilité consistent en de sévères défis pour la recherche scientifique. Comme Jaeger (2011) le souligne, « pour chacun des différents problèmes (changement climatique, dégradation des terres, perte de biodiversité, etc ...), les symptômes de la non-durabilité dissimulent des problèmes sous-jacents plus profondément ancrés dans les structures et les institutions de nos sociétés ». Par conséquent, comme l'expliquent aussi Rotmans et al (2006), ces problèmes ne peuvent être résolus séparément. Selon leurs analyses, la complexité provient des moteurs multiples et interdépendants du changement (par exemple, l'agriculture requiert des terres, de l'eau et de l'énergie), des interactions au sein du système Terre (par exemple entre l'atmosphère et les océans ou entre le climat et la végétation), des interactions entre les niveaux d'échelle, les délais de réaction des écosystèmes à des chocs externes ainsi que de la complexité massive des systèmes de consommation et de production humains. En outre, autre caractéristique importante des systèmes socio-écologiques couplés qui résulte de la complexité, la présence de différents types d'incertitudes, qui peuvent être simplement technico-statistiques, mais aussi méthodologiques (choix des méthodes) et épistémologiques (incertitude irrémédiable, absence irréductible de connaissances). **Compte tenu des complexités et des incertitudes, mais aussi de la présence d'intervenants multiples, les projets habituels de recherche scientifique ne sont pas aptes à s'attaquer aux problèmes persistants de non-durabilité.**

### 2.2.1 Garder le cap dans des interactions socio-écologiques complexes

Les échelles multiples et la pluralité des problèmes de durabilité remettent clairement en cause l'efficacité de l'analyse des systèmes socio-écologiques, du moins si l'analyse de l'évolution et du fonctionnement de ces systèmes est réduite au traitement de deux systèmes indépendants juxtaposés, la nature et la société. De toute évidence, les conceptions scientifiques traditionnelles, qui tendent à construire des systèmes sous la forme d'agrégats d'éléments qui, aux fins de l'analyse, peuvent ignorer les résultats intégrés ou émergents de leur interconnexion, ne se prêtent pas au champ du développement durable. En revanche, comme nous l'avons également dit plus haut, pour l'essentiel, la pensée scientifique actuelle sur les ressources naturelles et la durabilité se fonde toujours sur la mentalité de l'économie du déplacement des frontières (l'expression *frontier economics*, en anglais, fait référence à la frontière que repoussent sans cesse des nouveaux migrants, et par extension à une économie en expansion perpétuelle), dans laquelle les limites biophysiques sont considérées par principe comme inexistantes ou, tout du moins, comme insuffisamment importantes. Qui plus est, cette analyse conduit bien trop souvent à la mise en avant de solutions optimales au lieu de proposer un ensemble d'outils pour améliorer les diagnostics et susciter l'apprentissage adaptatif des acteurs et des responsables politiques interagissant et opérant au sein de systèmes socio-écologiques complexes.

Les sciences actuelles semblent fonctionner convenablement pour résoudre des problèmes compartimentés. Par contre, leur fonctionnement n'est pas satisfaisant pour apporter des réponses à des problèmes systémiques, interdépendants, multi-échelles (temporelle et spatiale) et multi-facettes (comportant par exemple des facettes économiques, politiques et environnementales). En effet, **l'hypothèse selon laquelle les spécialistes sont capables de générer des modèles simples et prédictifs sur les systèmes socio-écologiques et d'en déduire des solutions globales a donné lieu à une succession d'échecs souvent spectaculaires** (Ostrom, Janssen et Anderies, 2007). Higgs (1996,

p. 247), par exemple, décrit comment les efforts visant à nationaliser complètement les pêcheries de saumon de l'état de Washington, une action fréquemment présentée comme une panacée, se sont transformés en un « cauchemar juridique et économique » qui a réduit la productivité des pêcheries à une petite partie de ce qu'elle était au tournant du XX<sup>e</sup> siècle. Bacho (2005) explique, documents à l'appui, comment la panacée de la décentralisation, mise en œuvre dans un district multi-ethnique du Ghana, a dégénéré en conflit ethnique généralisé. Gelcich *et al.* (2006) montrent comment la mise en œuvre imposée d'un système de cogestion à la place d'un système de vente aux enchères, pour gérer un écosystème marin, a affaibli le niveau de confiance au sein de la communauté concernée et a intensifié les conflits. Von Weizsaecker, Young et Finger (2005) remettent en cause le fait que la privatisation serait toujours la meilleure option pour assurer des services publics et présentent 50 études de cas opposant des situations très favorables et très défavorables de privatisation de l'eau, des transports et de l'énergie, qui peuvent avoir des répercussions sur le changement climatique.

Les défenseurs des solutions « qui résolvent tous les problèmes » et des panacées s'appuient sur deux suppositions erronées (Ostrom, Janssen et Anderies, 2007) : (i) l'éventail des problèmes, qu'ils constituent des défis différents au sein d'un système à ressource unique ou au sein de différents ensembles de ressources, sont suffisamment similaires pour être représentés par une petite classe de modèles formels ; et (ii) les ensembles de préférences, les rôles possibles de l'information et les perceptions et réactions des individus sont considérés comme identiques à ceux des économies de marché développées de l'Occident. Pour aller au-delà des panacées et bâtir un champ solide pour les sciences du développement durable, une attitude plus fructueuse consisterait à admettre que les systèmes complexes ne peuvent être subdivisés en parties indépendantes et linéaires, et qu'ils ne sont que partiellement décomposables dans leur structure (Ostrom, 2007). Simon (2000, p. 753) décrit les systèmes pour ainsi dire décomposables comme « organisés en niveaux, les éléments de chaque niveau inférieur étant des subdivisions des éléments supérieurs... Les organismes multicellulaires sont composés d'organes, les organes sont composés de tissus, les tissus, de cellules ». Il s'impose donc de préciser à quel niveau et dans quelle partie du système les politiques doivent s'appliquer. En effet, des politiques peuvent être explorées dans une partie d'un système sans imposer, au système dans son entier, des solutions uniformes qui sont susceptibles d'entraîner un effondrement général. Deuxièmement, il est essentiel que les spécialistes reconnaissent qu'en combinant des variables, par exemple A, B et C, un système peut acquérir des propriétés qui divergent substantiellement de ce que l'on obtiendrait en combinant deux des variables originales avec une autre, par exemple A, B, et D.

### 2.2.2 Construire des cadres d'analyse intégrés

Les spécialistes du développement durable ont élaboré différents ensembles d'outils et de pratiques pour traiter de façon intégrée les interactions dynamiques et complexes entre la nature et la société, sans avoir recours aux idées fausses décrites ci-dessus. Par exemple, dans le contexte des sciences politiques, Ostrom (2007) a proposé un cadre analytique pour l'analyse institutionnelle comparative de systèmes socio-écologiques couplés englobant un système de ressources (par exemple une pêcherie, un lac et un pâturage), des unités de ressources générées par ce système (par exemple le poisson, l'eau et le foin), les utilisateurs de ce système et le système de gouvernance, étant entendu que toutes ces composantes et leurs interactions sont limitées par d'autres écosystèmes connexes et

par d'autres paramètres sociaux, économiques et politiques. Herman Daly a proposé un autre cadre important dans *Ecological economics* (Daly, 2005). Ce cadre est basé sur un modèle hiérarchique imbriqué dans lequel le système socio-économique est un sous-système du système biophysique mondial. Par ailleurs, le cadre de Daly met l'accent sur les boucles de rétroaction entre les matières premières, les ressources énergétiques, les technologies, les flux d'information et les processus de production qui sous-tendent l'activité économique.

Inutile de le préciser, il n'y aura pas un cadre générique unique utile pour tous les programmes de recherche. Le point important à souligner est que chaque discipline devra réviser et adapter ses propres principes fondamentaux pour aborder les problèmes de développement durable de façon intégrée, à l'image du nouveau cadre qu'Ostrom et Daly ont commencé à développer pour analyser des systèmes complexes dans les sciences politiques et en l'économie, respectivement.

L'analyse des processus complexes à l'œuvre dans les systèmes socio-écologiques imbriqués est autrement plus difficile que la recommandation d'une solution miracle. Comme d'autres sciences stratégiques telles que la médecine ou l'ingénierie, les sciences du développement durable s'efforcent d'apporter des solutions diverses à des situations problématiques complexes sur la base d'un diagnostic initial, d'une analyse plus approfondie, d'un suivi permanent de divers indicateurs et d'un apprentissage systématique des échecs. L'insistance avec laquelle les spécialistes du développement durable adoptent une approche par diagnostic et une conception itérative lorsqu'ils étudient les dynamiques couplées entre systèmes écologiques et socio-écologiques souligne une fois encore que les sciences du développement durable ne sont ni une science purement positive, ni un exercice purement normatif, mais un processus d'apprentissage interactif et itératif qui marie certains éléments de ces deux activités. Elles ont été qualifiées de « sciences stratégiques » (Commission européenne, 2009) ou de « sciences pertinentes » (Baumgaertner et Quaas, p. 447 ; voir aussi notre discussion ci-dessus dans l'introduction au chapitre 2).

Si nous portons un regard intégré sur les systèmes socio-écologiques dans lesquels des ressources rares sont utilisées durant de longues périodes et dans l'incertitude, nous parvenons à un ensemble de questions de recherche précises et authentiques auxquelles doivent répondre les sciences du développement durable afin d'atteindre leur objectif fondamental, c'est-à-dire l'objectif politique de la durabilité dans ses différentes dimensions, écologique, économique, sociale, culturelle et de gouvernance. Voici quelques exemples de tâches de recherche procédant de cette perspective intégrée des systèmes socio-écologiques (adaptés de Baumgaertner et Quaas, 2010, voir aussi l'enquête sur la littérature dans Kajikawa, 2008) :

- Analyse de l'interaction entre des variables physiques (par exemple biophysique, énergie-matière) et des variables socio-économiques (par exemple basées sur des valeurs monétaires et non monétaires) dans les systèmes socio-écologiques, par exemple dans la modélisation et l'analyse de l'économie écologique ;
- Analyse de systèmes socio-écologiques dynamiques prenant en considération les retours d'information et l'émergence de propriétés systémiques comme les seuils, les charges critiques et la résilience limitée au sein des systèmes sociaux, environnementaux et socio-écologiques couplés ;
- Analyse des différents types, degrés et régimes d'incertitude dans notre compréhension des systèmes socio-écologiques ;

- Analyse des conditions et des mécanismes qui affectent la stabilité sociale, économique et politique des systèmes socio-écologiques, et analyse des régimes de la stabilité, de la vulnérabilité et des risques systémiques;
- Analyse des conditions et des mécanismes qui affectent la transformabilité des systèmes socio-écologiques, et analyse des voies de transition vers la durabilité.

## 2.3. Organiser la recherche transdisciplinaire pour les sciences du développement durable

L'insatisfaction causée par les carences des méthodes en vigueur pour produire et valider la connaissance scientifique a donné lieu à diverses propositions visant à reconsidérer et à renouveler les fondements épistémologiques et sociaux des sciences. Dans le cadre de ce nouveau «contrat social pour les sciences» (Demeritt, 2000; Gibbons, 1999), non seulement les sciences «diraient la vérité au pouvoir», mais la société «répondrait aussi aux sciences» en précisant les sujets et les priorités de la recherche considérés comme pertinents, en remettant en question la pertinence de certaines méthodologies et hypothèses, en validant la solidité sociale des résultats ou en rendant explicites certains engagements normatifs.

### 2.3.1. S'attaquer aux situations d'incertitude irréductible, de valeurs multiples et de grands enjeux

Silvio Funtowicz et Jerome Ravetz (1993) ont tenté de mieux spécifier les termes de ce contrat social (et les contextes dans lesquels il se révèle particulièrement nécessaire). Selon eux, la méthodologie traditionnelle des sciences modernes, basée sur l'expertise scientifique propre à une discipline et neutre du point de vue éthique, se prête généralement aux contextes dits «normaux»; dans lesquels les éléments des systèmes humains et biophysiques peuvent être valablement séparés à des fins de recherche, l'incertitude est relativement faible et les limitations des ressources naturelles n'entrent pas en ligne de compte. En revanche, **lorsque l'incertitude est élevée et lorsque l'interconnexion systémique de divers systèmes et les contraintes de ressources ne peuvent être ignorées, il faut un autre mode d'organisation de la recherche scientifique basé sur la collaboration transdisciplinaire\*\* entre l'expertise scientifique et l'expertise des parties prenantes du développement durable.** Une description des faits à travers une lentille méthodologique unique et une voie unidirectionnelle menant de la recherche aux conclusions politiques seront probablement inappropriées.

Dans leur article fondamental intitulé *Science for the Post-Normal Age*, Silvio Funtowicz et Jerome Ravetz (1993) recensent deux difficultés majeures se posant à la science post-normale lorsqu'elle est en présence de contextes post-normaux: la question du traitement à réserver à l'incertitude et la généralisation de l'examen par les pairs élargi pour améliorer la gestion de la qualité du processus scientifique. Selon leur analyse, «maintenant que les questions politiques relatives au risque et à l'environnement représentent les problèmes les plus urgents à résoudre pour les sciences, l'incertitude et la qualité, qui se trouvaient en périphérie, et pour ainsi dire dans l'ombre de la méthodologie scientifique, sont devenues des concepts centraux et intégrateurs. Elles ont été maintenues jusqu'à présent aux confins de l'appréciation scientifique, pour les profanes comme pour les scientifiques. Les scientifiques auront désormais à gérer ces incertitudes cruciales et, dans ce



cadre, auront pour tâche de garantir la qualité des informations scientifiques fournies à des fins de décision politique » (Funtowicz et Ravetz, 1993, p. 742).

En réaction à ces appels soulignant la nécessité d'un « nouveau contrat social » pour les sciences et d'un examen par les pairs élargi, une masse considérable de projets empiriques ainsi que de documents de référence s'inspirant des conceptions de la recherche transdisciplinaires, axées sur la communauté et participatives, a vu le jour (Lang et al., 2012). Les conceptions transdisciplinaires, en particulier, ont été au cœur de ces pratiques émergentes concernant le développement durable. Même si la recherche transdisciplinaire demeure un concept ouvert et encore en évolution, un consensus croissant se dessine autour du fait que ses **caractéristiques essentielles sont l'intégration de diverses expertises scientifiques et extrascientifiques provenant des parties prenantes concernées et l'établissement d'un lien entre les problèmes scientifiques et les problèmes de société** (Jahn, Bergmann et Keil, 2012). Plus précisément, les experts de la durabilité définissent la recherche transdisciplinaire comme « un principe scientifique réflexif, intégrateur et orienté vers la méthode visant à apporter une solution ou à faciliter une transition dans le contexte de problèmes sociétaux et, parallèlement aux problèmes scientifiques qui y sont associés, en procédant à la différenciation et à l'intégration de la connaissance à partir de divers corpus scientifiques et sociétaux de connaissances » (Jahn et al., 2012, p. 26-27). Par exemple, les personnes touchées directement par un problème environnemental seront beaucoup plus conscientes de ses symptômes et se montreront beaucoup plus pressantes en ce qui concerne la qualité des assurances données par les autorités que n'importe quelles autres parties prenantes (Funtowicz et Ravetz 1993)<sup>2</sup>. En d'autres termes, leurs connaissances sociétales peuvent fonctionner de manière analogue à celles de collègues intervenant dans une évaluation par les pairs ou dans un processus d'arbitrage, comme c'est le cas dans les sciences traditionnelles. L'implication des habitants de la ville de Lyme constitue un exemple historique de la contribution que peut parfois apporter une telle expertise élargie ; leur expertise de profanes a permis d'identifier une nouvelle maladie baptisée plus tard la « maladie de Lyme » que les experts scientifiques conventionnels n'avaient pas identifiée comme telle.

### 2.3.2 Un modèle illustratif d'un processus de recherche transdisciplinaire

L'absence d'expérience en matière de recherche transdisciplinaire sur les problèmes de durabilité forte a entraîné une longue suite d'échecs de projets de recherche que la littérature a parfaitement répertoriés (Lang et al., 2012, p. 33-34). Les problèmes habituels sont l'impossibilité de transférer les résultats de la recherche scientifique dans la pratique ou même la mauvaise utilisation des résultats pour légitimer des actions qui n'étaient pas souhaitées, l'absence d'intégration entre types de connaissances, structures organisationnelles, styles de communication ou aspects techniques, et la sous-représentation de questions pertinentes dans la définition des problèmes à traiter.



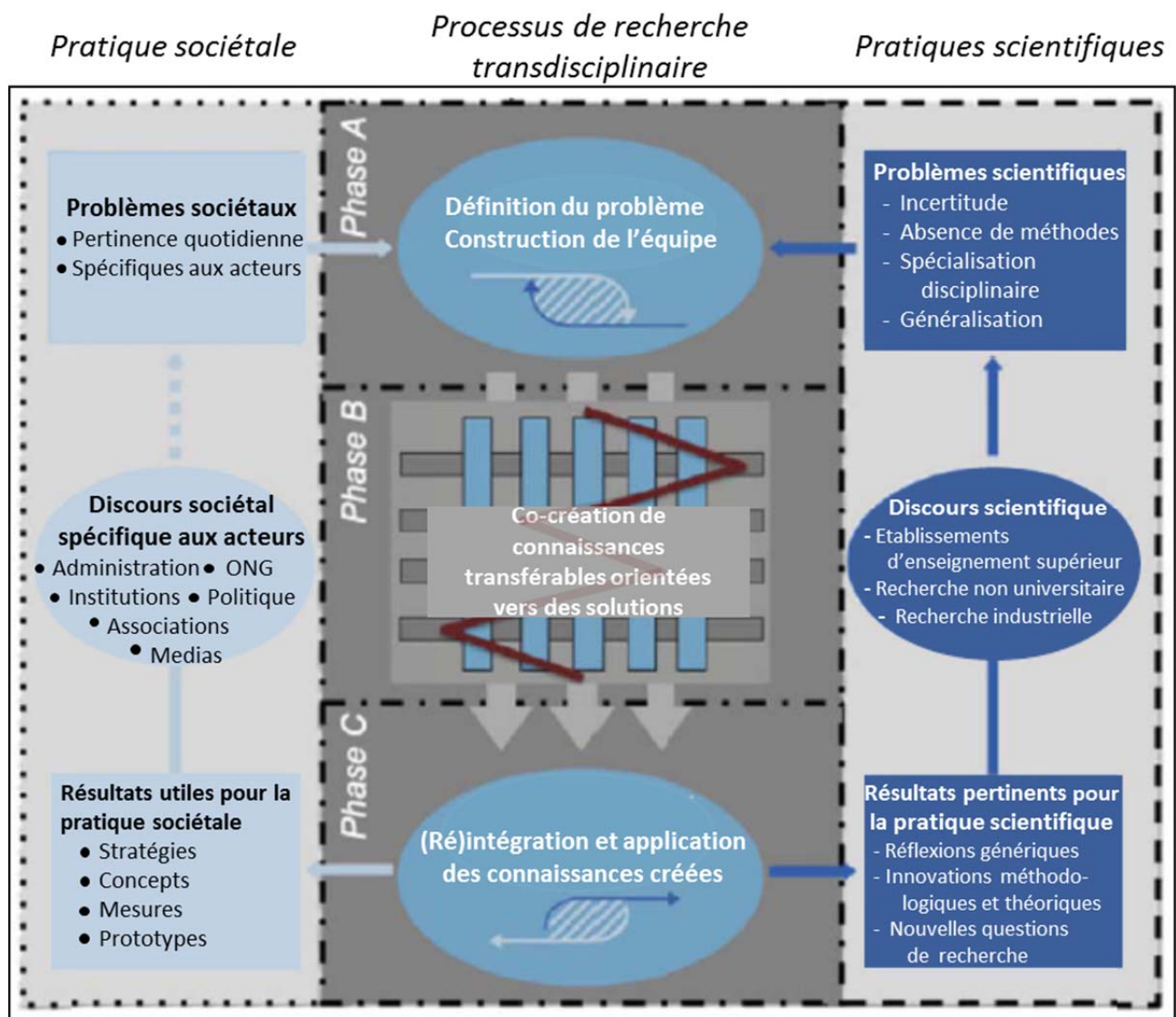


Figure 2. Modèle conceptuel d'un processus de recherche transdisciplinaire idéal-typique

(Source: Lang et al., 2012, p. 28).

Pour s'attaquer à ces questions ainsi qu'à d'autres, les chercheurs transdisciplinaires proposent une « pratique en interface », combinant une pratique sociale de résolution sociale du problème avec une pratique scientifique de l'analyse interdisciplinaire. L'interaction entre ces deux pratiques est généralement organisée en trois composantes principales (Lang et al., 2012, p. 27 ; voir aussi figure 2.) : (a) l'identification collaborative du problème et la mise en place d'une équipe de recherche collaborative composée d'experts scientifiques et non scientifiques spécialisés dans les corpus de connaissances scientifiques et sociétales pertinents, (b) la production conjointe de connaissances à travers la recherche scientifique collaborative et (c) l'intégration des résultats scientifiques dans la pratique sociale (par exemple sous la forme d'un outil de diagnostic qui peut être utilisé par les acteurs concernés) et dans la pratique scientifique (par exemple en tirant les enseignements des échecs subis par un système qui ont été découverts au cours du projet de recherche collaboratif, mais qui n'ont pas été prédit initialement par les modèles formels). Il convient de développer la représentation schématique du cycle de recherche par l'inclusion de nombreuses itérations de ce processus dans les programmes de recherche pratique. Quoi qu'il en soit, cet

exemple et d'autres, qui ont été convenablement testés, montrent qu'il est tout à fait possible d'intégrer une expertise disciplinaire scientifique conventionnelle dans un processus d'apprentissage mutuel associant des chercheurs et des acteurs concernées, au sein d'une organisation élargie de la gestion de la qualité du cycle de recherche dans son ensemble.

## Chapitre 3 : Tirer les leçons des conceptions des sciences transformatives pour le développement durable

Au cours des deux dernières décennies, les sciences du développement durable se sont progressivement imposées comme un nouveau domaine de recherche dont le rôle consiste à relever les défis fondamentaux créés par les interactions de plus en plus étroites entre systèmes humains et naturels (Yarime et al., 2012 ; Van der Leeuw et al., 2012). Depuis leur apparition, les sciences du développement durable sont devenues peu à peu un domaine de recherche orienté vers les solutions qui s'inspire d'initiatives, couronnées de succès, ayant mis en œuvre des pratiques de recherche participatives entre expertise scientifique et extrascientifique. Plus récemment, les sciences du développement durable sont apparues au cœur d'un large éventail d'activités de recherche et d'innovation liées aux efforts déployés par la société pour conduire une transition efficace vers une durabilité forte (Clarck et Dickson, 2003).

Il n'en reste pas moins que les sciences du développement durable sont aujourd'hui confrontées à des difficultés non négligeables lorsqu'il s'agit de surmonter l'inertie des cadres de recherche existants, c'est-à-dire relevant de la conception disciplinaire et éthiquement neutre. Premièrement, les éléments probants ont beau mettre toujours plus en lumière la nécessité de déployer des efforts massifs en faveur de la recherche transformative sur la durabilité, **l'essentiel de la recherche sur le développement durable reste cantonné dans une pensée monodisciplinaire, une analyse de l'équilibre et des modèles mathématiques simplifiés** que l'on applique aux problèmes complexes. Deuxièmement, les spécialistes sont confrontés au **manque d'attention que la recherche sur le développement durable porte à de nouvelles questions pressantes**, initialement considérées comme en marge de leurs préoccupations, mais dont il apparaît désormais qu'elles tempèrent de nombreux efforts consentis en faveur de la durabilité, il s'agit de la **crise financière mondiale et des catastrophes socio-écologiques causées par l'utilisation généralisée de technologies à haut risque**. La crise financière a eu un impact important sur l'affaiblissement des politiques de soutien au développement durable, notamment à travers la réduction du financement des grands programmes de politique environnementale qui a fait suite à la discipline budgétaire imposée aux États. Les répercussions qu'entraîne l'utilisation de technologies à haut risque sont visibles à travers une série de catastrophes écologiques parfaitement documentées, dont l'accident nucléaire survenu récemment à Fukushima est un exemple tragique. Cette catastrophe a eu d'importantes conséquences non seulement écologiques, comme l'ont révélé entre autres des études alarmantes sur les mutations génétiques subies par des papillons à cause de l'exposition aux radiations (Hiyama, 2012), mais aussi socio-économiques, et ce pour l'ensemble de la population japonaise.

Il y aurait beaucoup à apprendre des travaux réalisés par les spécialistes et les praticiens pour construire une façon alternative et viable d'organiser la recherche sur le développement durable, qui dépasse les lacunes propres aux pratiques conventionnelles de recherche scientifique monodisciplinaire. Dans ce contexte, nous examinons dans ce chapitre une série de programmes de recherche transdisciplinaires et interdisciplinaires dans le domaine de l'économie et des sciences environnementales qui ont largement contribué au développement des sciences du développement durable et qui soulignent certains des défis à relever pour vaincre l'inertie disciplinaire. Ce chapitre examine à la fois deux domaines clés de la recherche qui ont dominé les travaux des spécialistes du

développement durable depuis le rapport Brundtland, à savoir la **gestion des ressources naturelles et la refonte de la croissance économique**. Nous nous intéresserons aussi à des initiatives plus récentes des spécialistes et des praticiens visant à intégrer les problématiques de la **mondialisation financière** et de la **gouvernance du développement technologique** dans l'agenda de recherche de la durabilité forte. Plus spécifiquement, les sous-sections suivantes examineront les principales conceptions des sciences transformatives :

- (a) Économie écologique pour la gestion des ressources naturelles et des écosystèmes (**point 3.1**) ;
- (b) Sciences du système terre pour la gestion des écosystèmes à l'échelle mondiale (**point 3.1**) ;
- (c) Évaluation intégrée et multicritères comme alternative au PIB (Produit Intérieur Brut) en tant que mesure du développement économique (**section 3.2**) ;
- (d) Macroéconomie post-keynésienne en tant que solution alternative à la dynamique des marchés financiers (**section 3.2**) ;
- (e) Conceptions de la transition concernant la transformation des systèmes socio-technologiques (**section 3.3**) ;
- (f) Conception de l'économie évolutionniste véblénienne des processus d'innovation à long terme (**section 3.3**).

La section 3.4 apportera des conclusions concernant l'organisation du processus de recherche dans les sciences du développement durable.

### 3.1. Repenser la gestion des ressources naturelles et des écosystèmes à l'intérieur de systèmes écologiques et économiques intégrés et complexes

Un consensus se fait jour dans le domaine de la gestion des ressources naturelles et des écosystèmes autour de la nécessité d'adopter une perspective propre aux systèmes complexes, comme l'a montré par exemple une enquête menée auprès de scientifiques de haut niveau appartenant à l'Association américaine pour le progrès des sciences (Berkes, Colding et Folke, 2003, pp. 1-2). Premièrement, selon les scientifiques qui ont participé à cette enquête, l'analyse des problèmes liés aux ressources naturelles et à l'environnement doit prendre en considération la complexité des interactions entre système naturel et système social, étant entendu qu'il faut partir d'emblée du principe que les systèmes naturels et sociaux sont intrinsèquement complexes (Norgaard, 1994; Berkes et Folke, 1998). Deuxièmement, ces scientifiques sont unanimes à dire qu'il faut une participation élargie du public. La recherche scientifique doit être entreprise en portant davantage d'attention sur son contexte social. L'interaction entre sciences et société est de plus en plus perçue comme essentielle (Jasanoff et al., 1997). Le type de recherche requis peut être « créé à travers des processus de coproduction au sein desquels spécialistes et parties prenantes interagissent en vue de définir les questions importantes, les éléments probants et les argumentations convaincantes » (Kates et al., 2001).

En résumé, nous dirons que **les scientifiques du développement durable estiment que la gestion des ressources mondiales et régionales n'est ni un problème écologique, ni un problème économique, ni un problème social**. À leurs yeux, la gestion des ressources doit tenir compte de chacune de ces trois perspectives pour être durable. Dans sa pratique, **la recherche scientifique est pourtant toujours très loin d'avoir adopté une perspective intégrée de ces trois dimensions** (Holling, 2003, p. xviii). À titre d'exemple, les concepts durables qu'élaborent les **écologistes mus par des intérêts de conservation de l'environnement** restent souvent cantonnés à leur perspective disciplinaire et ne tiennent pas compte de la nécessité de trouver une forme adaptative de développement économique qui mette l'accent sur l'entreprise individuelle et la flexibilité. Les économistes animés par une perspective orientée vers le **développement industriel et technologique**, pour leur part, agissent souvent comme si l'incertitude propre à la nature pouvait être remplacée par l'ingénierie humaine et par des contrôles basés sur les incitants, ou tout simplement ignorée. Enfin, ceux dont l'intérêt se porte sur la chose sociale présupposent généralement que **le développement et la responsabilisation des communautés humaines** pourraient permettre de surmonter toute contrainte créée par la nature ou par des forces extérieures. Il en résulte, comme la montre Holling (2003., p. xix), que « **les investissements manquent leur objectif, pendant que les politiques menées par les gouvernements, les fondations privées, les organisations internationales et les organisations non gouvernementales (ONG) aboutissent à un fiasco parce qu'elles insistent sans cesse sur une solution partielle au détriment d'une autre**. Tout a été tenté au cours des dernières décennies : grands projets d'investissement, projets de conservation plus restreints, projets de développement des communautés plus modestes également, solutions de marché libertaires. Immense a été la désillusion causée par ces échecs et rares ont été les enseignements tirés de ce qu'il s'est passé ».

### 3.1.1. Pathologie des conceptions monodisciplinaires conventionnelles en matière de gestion des ressources naturelles et des écosystèmes

N'est-il pas paradoxal que l'aptitude des scientifiques et des décideurs politiques à apporter des solutions à la crise de l'extinction et de la déplétion n'ait pas évolué de conserve avec la multiplication des technologies et des outils sophistiqués permettant d'améliorer notre compréhension et notre capacité d'action ? Dans le domaine de la gestion des ressources et de l'environnement, plus encore qu'ailleurs, les décideurs ont accordé une foi immense à notre compréhension grandissante des écosystèmes et se sont reposés sur le recours à des mécanismes de marché sophistiqués, choisissant par exemple de résoudre des problèmes comme la pollution de l'air et la gestion de la pêche au moyen de quotas individuels transférables, comme en attestent les perspectives qui sont au cœur de la convention de Rio de 1992. Pourtant, depuis cette époque, un fossé s'est creusé entre les problèmes environnementaux et notre incapacité grandissante à les résoudre.

En dépit de ces failles, **les perspectives dominant les études écologiques, économiques et sociales continuent de procéder de modèles mathématiques ou théoriques simples qui relèvent de conceptions monodisciplinaires et conduisent à la diffusion de stratégies de gestion inefficaces.** Par exemple, dans le domaine de l'écologie, scientifiques comme responsables politiques continuent pour la plupart de s'en remettre au concept écologique du rendement maximal durable\*, alors que les éléments de preuve disponibles mettent ses lacunes en lumière (Berkes et al., 2003a, p. 7). En effet, pour de larges pans des sciences de l'écologie et de la gestion des ressources, la complexité demeure une idée subversive qui remet en cause les fondements des modèles de population et de rendement. Pourtant, dès 1977, dans un article qui ferait date, Larkin (1977) a indiqué que le concept de rendement maximal durable, en se concentrant sur le rendement d'une espèce, faisait fi de certains aspects complexes comme les relations au sein du réseau alimentaire. Une autre étude, de Lugo (1995), a souligné que tenter de quantifier les rendements prétendument durables des forêts tropicales ne garantit que rarement la durabilité de l'écosystème. Si l'objectif est la conservation, il sera plus approprié d'opter pour une stratégie qui se concentre sur la résilience des processus écologiques – la capacité d'un système complexe de se régénérer ou de résister en présence de chocs externes – comme la présence de plusieurs étages végétaux pour favoriser la durabilité de la forêt tropicale. Par conséquent, des conceptions conjuguant l'analyse qualitative de processus clés en termes d'adaptabilité et de résistance aux chocs externes avec l'analyse quantitative de l'interaction au sein d'un ensemble réduit de variables structurantes (Gunderson, 2003, p. 40) semblent plus aptes à informer des décisions de gestion que des modèles simplifiés ne comportant qu'une seule variable.

Par ailleurs, **cette pensée par la modélisation simplifiée et monodisciplinaire domine bon nombre de concepts économiques relatifs au développement durable.** En effet, la pensée dominante, même dans les modèles qui intègrent dans l'exercice scientifique des variables à la fois économiques et biophysiques, reste du domaine de l'analyse de l'équilibre ou de l'équilibre partiel – inspirée par l'équilibre général unique des systèmes walrasiens – et ne s'avère capable que de prédire des comportements fluides et réversibles (Patterson et Glavovic, 2012). L'évacuation systématique, dans ces modèles, des phénomènes hors équilibre comme les crises systémiques, des effets de seuil entraînant l'effondrement d'un système ou une dynamique imprévisible, revient manifestement à ignorer de nombreux effondrements systémiques ou infléchissements qualitatifs intervenus au sein

de systèmes socio-écologiques couplés et recensés dans la littérature, comme l'effondrement soudain de la pêche à la morue dans le Canada du Nord dans les années 1980 (Stern., 2011). Dans un contexte plus général, la marginalisation des risques et des incertitudes systémiques tant par les facultés d'économie que par les responsables politiques est à présent reconnue comme l'une des causes principales de la crise financière actuelle, comme nous l'analyserons plus loin au point 3.3.3 (Colander et al., 2009). En lieu et place de s'en tenir à des modèles de l'équilibre qui s'avèrent inaptes à résoudre les problèmes posés par la durabilité forte, il semble donc plus prometteur de s'engager dans une voie reconnaissant les caractéristiques des systèmes complexes et tirant des enseignements d'autres disciplines (comme les sciences politiques et de la planification), et qui s'intéressent depuis plus longtemps à des questions de risque et d'incertitude. Ce choix ne conduirait cependant pas à l'abandon des méthodes dont l'orientation est économique. La pensée des systèmes complexes entraînerait plutôt l'intégration de ces méthodes avec d'autres méthodes issues d'autres disciplines, et leur enrichissement à travers des concepts comme la gestion évolutive (Holling, 2001) ou l'évaluation multicritères.

Enfin, même dans les conceptions qui favorisent la coproduction de connaissances entre scientifiques et parties prenantes, l'interaction des scientifiques avec les parties prenantes s'inspire bien souvent d'outils de modélisation simplifiés qui sont utilisés et présentés comme des bases pour la discussion. Se fier à ces modèles d'équilibre simples revient à faire l'impasse sur un débat plus large, par exemple sur le rôle de l'incertitude et sur les façons d'organiser des processus d'apprentissage évolutifs et itératifs.

Par exemple, dans le cas parfaitement bien étudié d'une évaluation environnementale sur la disparition soudaine d'une espèce d'algue dans les Everglades, dans la baie de Floride (Californie du Sud, États-Unis), dans les années 1980, un ensemble de sept variables simples et isolées ont été soumises aux parties prenantes et cette hypothèse explicative contrastait par rapport aux autres possibilités (Gunderson, 2003, p. 40). Les responsables politiques ont donc présenté le problème comme un phénomène de compensation entre la restauration hydrologique dans les Everglades, qui allaient s'asséchant, d'une part, et la réaction négative de certaines espèces au pompage d'eau douce dans l'écosystème, d'autre part. Selon ce modèle, l'eau douce entraînait la disparition des algues et le déclin des espèces d'échassiers dépendantes de l'écosystème lié à cette espèce d'algue. Mais la manœuvre qui a consisté à réguler l'eau dans les Everglades et qui a résulté de cette analyse simplifiée a entraîné des compromis dont les résultats se sont avérés négatifs pour toutes les parties intéressées. En effet, les responsables politiques ont concentré leur action sur une cause supposée de la crise (le manque d'eau douce) (tandis que cette dernière était en réalité causée par un ensemble de facteurs à la fois humains et environnementaux, comme l'utilisation de l'eau pour l'agriculture et le tourisme) à tel point qu'ils ont décidé d'injecter de l'eau supplémentaire dans la baie, ce qui a eu pour fâcheuse conséquence de ralentir plutôt que d'accélérer la restauration hydrologique (Walters, 1997).

**L'inaptitude à élaborer des concepts intégrés de gestion des ressources, que ce soit en écologie, en économie ou dans les sciences sociales, a entraîné ce que Holling a appelé « la pathologie des ressources et du développement au niveau régional » (Holling et Meffe, 1996), dont la caractéristique principale est la réduction rapide de la diversité et de la variabilité spatiale des écosystèmes.** Généralement, même si les nouvelles mesures parviennent dans un premier temps à inverser certaines tendances négatives, les actions mises en œuvre ultérieurement sont trop



restreintes et rigides pour rester ouvertes aux interdépendances systémiques, aux incertitudes et aux besoins d'une gestion itérative et évolutive. Dans les régions riches, ces processus conduisent à des périodes qualifiées d'« embardées spasmodiques » d'apprentissage (Holling, 2003, p. xviii) au cours desquelles des actions coûteuses et destinées à réparer les conséquences les plus graves des erreurs commises ultérieurement sont mises en place. Citons en exemple les coûteux efforts entrepris actuellement pour restaurer l'écosystème des Everglades – le plus grand effort de restauration jamais tenté aux États-Unis. Dans les régions pauvres, ce processus entraîne la désagrégation des populations et l'incertitude quant à l'amélioration des écosystèmes à long terme (Holling, 2003).

### 3.1.2. L'économie écologique, un domaine de recherche transdisciplinaire pour intégrer la dynamique systémique complexe entre l'économie et la biophysique

Les preuves empiriques de ce qu'il est convenu d'appeler la « pathologie » de la gestion des ressources naturelles et des écosystèmes, recueillies par les spécialistes et les praticiens de ce domaine, démontrent clairement qu'il est nécessaire d'évoluer vers une perspective intégrée des systèmes socio-économiques et biophysiques. Ces spécialistes prennent en considération le rôle de l'interaction entre des processus multiples et à échelles multiples dans le but de combler le fossé entre connaissance scientifique, d'une part, et capacité de gouverner la transition vers le développement durable, d'autre part.

Néanmoins, la résistance qu'offrent les institutions et l'inertie disciplinaire sont à l'origine d'une certaine lenteur dans la prise en considération de ces exigences propres à la recherche sur le développement durable dans la pratique scientifique contemporaine. La lenteur à reconnaître la nécessité, dans le cadre de la recherche sur le développement durable, d'aborder la dynamique systémique complexe de l'économie et de la biophysique à partir d'une perspective intégrée est particulièrement marquée dans le domaine économique. La raison en est, notamment, que de nombreux spécialistes de cette discipline croient en une épistémologie positiviste semblable à celle de la physique (Spash, 2012). Par ailleurs, il faut aussi y voir une conséquence du climat politique propice à la déréglementation libérale et à la mondialisation unilatéralement favorable au marché qui ont largement prévalu dans la politique environnementale menée au cours des deux dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle.

En effet, après les quelques innovations conceptuelles et méthodologiques qui ont fait suite à la publication d'ouvrages novateurs dans les années 1970 comme le rapport *Les limites de la croissance* rédigé par une équipe de spécialistes du Massachusetts Institute of Technology (Meadows et al., 1972) et des travaux de Herman Daly sur l'économie stable (Daly, 1977), il semble bien que **toute la dynamique des travaux consacrés à la durabilité en économie ait été ramenée à la pensée monodisciplinaire et néoclassique pendant les années 1980** (Holt et Spash, 2009). Les économistes conventionnels ont simplement supposé que l'économie néoclassique, forte de ses modèles d'optimisation et de sa théorie du bien-être, était capable de produire des explications théoriques sur la manière d'évaluer et de résoudre les problèmes environnementaux. Ces économistes ont soutenu que la plupart des problèmes environnementaux étaient des anomalies que l'on pouvait corriger par des taxes ou par des marchés de permis négociables (Holt et Spash, p. 6). **Par conséquent, aux yeux de ces économistes, il est inutile de dépasser une vision du monde dans laquelle des agents rationnels maximisent leur utilité et des firmes maximisent leur profit. Les**

**ressources sont considérées comme substituables en général et, dans le cas de leur épuisement éventuel, des évolutions de prix sont supposées stimuler de nouvelles technologies et de nouvelles ressources de substitution.**

Cette vision et cette méthodologie ont suscité une frustration grandissante. Vers la fin des années 1980, en 1987 pour être précis, les économistes écologiques ont réagi en fondant leur propre revue de recherche transdisciplinaire, *Ecological Economics*, et en créant l'année suivante l'International Society for Ecological Economics. La différence principale qui distingue l'économie écologique de l'économie conventionnelle réside dans l'accent qu'elle place sur l'interdisciplinarité et le caractère pluraliste de sa conception méthodologique, qui combine entre autres recherches sur le terrain, études de cas qualitatives et comparatives, analyses statistiques et modélisations mathématiques. On est bien loin de l'économie conventionnelle qui, comme l'a si clairement exprimé Norgaard, est « dominée par un seul mode de pensée et par une seule méthode de preuve scientifique, respectivement le modèle du marché et l'économétrie » et où « les connaissances et les observations de terrain sont de toute façon peu prisées » (1989, p. 37). Par exemple, lors des premières discussions sur le développement durable, de grands économistes environnementaux conventionnels comme Dasgupta et Heal (1974) ou Solow (1974) ont soutenu qu'il n'existait pas de problème fondamental de rareté. La rareté n'était que relative puisqu'il existait toujours une possibilité de substitution. Point essentiel, cet argument n'était pas fondé sur une observation empirique, mais découlait directement d'hypothèses de modélisation habituelle du cadre économique néoclassique (Vatn, 2009, p. 123; voir aussi la discussion au point 1.1.).

S'élevant à la fois contre l'économie conventionnelle qui sous-estime souvent le rôle de l'environnement et contre l'écologie conventionnelle qui sous-estime les facteurs socio-économiques, **l'économie écologique s'efforce de jeter des ponts entre ces deux disciplines afin d'encourager une vision intégrée de l'économie au sein de l'écosystème (Costanza, 1991). Les caractéristiques principales de l'économie écologique sont les suivantes : le système économique y est considéré comme un sous-ensemble du système écologique, le capital naturel fait l'objet d'un intérêt fondamental, un large éventail d'orientations éthiques font l'objet de préoccupations plus importantes et les horizons temporels y sont plus longs que ceux que les économistes prennent généralement en considération (Berkes et al., 2003a, p. 11). Qui plus est, l'économie écologique met aussi l'accent sur l'irréversibilité, et donc sur le temps réel ou historique, et sur la dépendance de la trajectoire de développement (Vatn, 2009, p. 123).** Ce dernier point a amené l'économie écologique à adapter des concepts issus de la théorie des systèmes complexes, soulignant les propriétés multiples des systèmes socio-écologiques ainsi que l'ignorance et l'incertitude radicale, qui sont fondamentales dans la connaissance de ces systèmes.

Dans le cadre de cet ensemble d'hypothèses partagées, certains chercheurs de l'économie écologique ont opté pour des méthodologies plus proches de l'économie écologique conventionnelle tandis que d'autres ont développé des approches interdisciplinaires et transdisciplinaires plus novatrices (voir par exemple le débat sur la méthodologie dans Sash, 2012 ; Baumgaertner et Quaas, 2010 ; van den Bergh, 2010 ; Illgea et Schwarze, 2009). Comme pour les autres approches analysées dans ce rapport, leur contribution aux sciences du développement durable sera fonction de leur capacité à conjuguer approche interdisciplinaire, développement d'un cadre éthique favorable à la durabilité forte et organisation transdisciplinaire du processus de recherche (voir aussi point 3.5).

La conception interdisciplinaire de l'économie écologique exige la compréhension de concepts clés et du langage d'autres disciplines, mais aussi de l'évolution des connaissances dans d'autres disciplines résultant de l'interaction entre différents domaines. D'une part, le rôle des sciences environnementales dans l'économie écologique se modifie à la lumière des sciences sociales parce qu'elles tiennent compte de l'incertitude irréductible et de l'interconnexion systémique de diverses composantes des systèmes. D'autre part, le rôle clé de l'attribution de droits liés à la terre et aux ressources naturelles a également été reconsidéré dans l'analyse économique. En effet, l'économie écologique estime que des choix moraux passés concernant l'attribution de droits à la terre et aux ressources naturelles ne sont pas neutres sur le plan éthique et affectent aussi le calcul des valeurs exprimées aujourd'hui sur les marchés, ainsi que l'accès au capital, à la terre et à l'éducation qui affectent les revenus (Norgaard, 2009, p. 84). De plus, les systèmes de valeurs, au-delà de la satisfaction optimale des besoins et des souhaits, doivent aussi être exploités pour décider de la mesure dans laquelle nous souhaitons donner aux générations futures les mêmes droits que ceux dont nous bénéficions à l'heure actuelle. L'accent placé sur les valeurs non utilitaires a conduit à son tour à la critique de la commensurabilité et à l'adoption de préférences lexicographiques\* qu'il n'est pas possible de classer selon un ordre de préférence, comme dans l'économie néoclassique conventionnelle (Spash, 1998, 2000). En bref, le programme de la recherche transdisciplinaire de l'économie écologique intègre l'idée que le développement durable est aussi une affaire de droits et d'éthique et pas seulement de considérations économiques et écologiques.

### 3.1.3. Des partenariats scientifiques mondiaux pour s'attaquer au changement environnemental planétaire

#### a. *Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire*

**Les scientifiques du développement durable se sont servis de l'économie écologique pour élaborer de nouveaux grands concepts de gestion des ressources naturelles et des écosystèmes.** Certains de ces concepts ont été de plus en plus acceptés par les responsables politiques et par les praticiens, comme l'empreinte écologique, l'analyse multicritères basée sur des préférences lexicographiques incommensurables et la cogestion adaptative des écosystèmes, pour ne citer que ceux-là. **L'exercice d'évaluation international de grande envergure entrepris dans le cadre de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire est un magnifique exemple illustrant l'influence croissante des concepts développés dans le cadre de la conception transdisciplinaire propre à l'économie écologique.**

L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, publiée en 2005, est une synthèse internationale réalisée par plus de 1 300 scientifiques de renommée mondiale, qui ont examiné l'état des écosystèmes terrestres et fourni des résumés et des lignes directrices aux responsables politiques dans un ensemble de cinq volumes. L'évaluation s'est avérée être un forum largement plus ouvert que les pratiques prévalant dans le domaine de la gestion des ressources naturelles et des écosystèmes examinées plus haut. Notamment, l'adoption d'une perspective intégrée, associant un large éventail de parties prenantes, a permis aux participants de constater immédiatement que les marchés destinés à encourager la plantation d'arbres pour séquestrer le carbone, par exemple, sont créés dans des pays pauvres où les populations sont « désireuses » de réduire l'exploitation de leurs forêts, et ce parce que les riches ont le pouvoir économique d'acheter les droits des pauvres pour

qu'ils arrêtent d'utiliser d'autres services écosystémiques des forêts (Norgaard, 2009, p. 92). Par conséquent, la séquestration du carbone est moins coûteuse qu'elle ne le serait dans un monde qui souffrirait de disparités de revenus moins importantes. Les riches peuvent continuer à conduire leurs véhicules tout-terrain de loisirs parce que les pauvres acceptent de ne pas utiliser les forêts pour une quantité réduite d'argent. Une fois ce point éclairci par l'exercice d'évaluation, il est devenu très difficile d'utiliser les prix générés sur les marchés comme des valeurs neutres sur le plan éthique. En résumé, le processus participatif et ouvert de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire a permis d'entamer la déconstruction de la solution dominante s'appuyant sur le marché, la solution « miracle », et de proposer un cadre normatif plus intégré et plus ouvert.

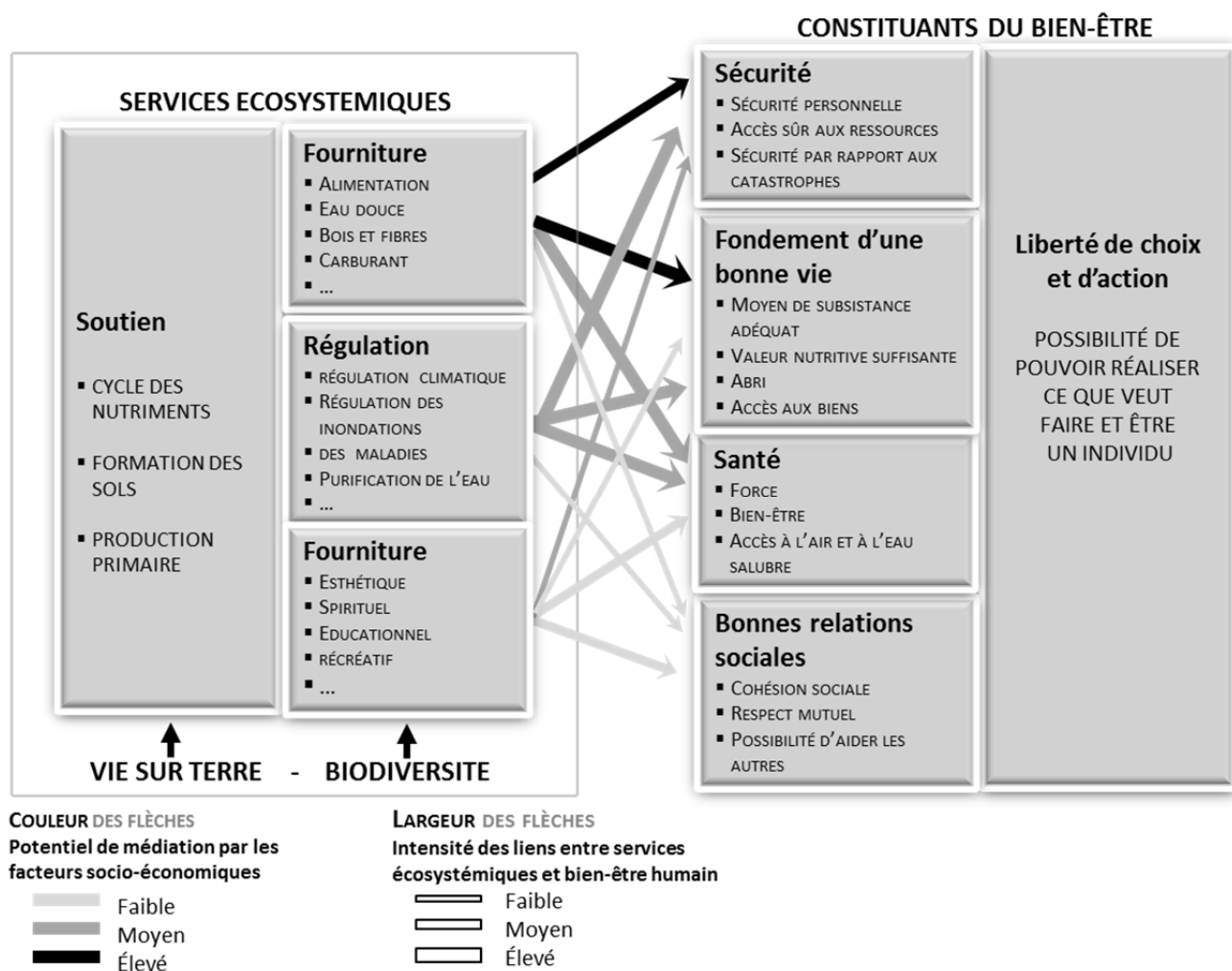


Figure 3.1. Liens entre services écosystémiques et bien-être humain (Source: MEA, 2005)

En adoptant une perspective transdisciplinaire sur les interactions socio-écologiques plutôt que le cadre utilitaire *a priori* simplifié de l'économie conventionnelle, la relation entre les services écosystémiques et le bien-être humain s'illumine de façon plus riche (Polishchuk et Rauschmayer, 2012). C'est le cas notamment des **pratiques culturelles locales que l'analyse économique monodisciplinaire a longtemps maintenues sur le côté**. Par exemple, une étude de cas sur la pêche côtière en Suède montre comment différentes communautés locales ont chacune développé des modèles dynamiques d'autorégulation pour s'adapter aux fluctuations naturelles des ressources

halieutiques et préserver l'écosystème dont elles dépendent pour subsister. Une analyse plus approfondie a fait apparaître des schémas comme l'intégration consciente entre activités à terre et activités de pêche, ce qui permet aux pêcheurs de se partager entre des occupations diverses, ou comme la rotation saisonnière des zones de pêches entre les pêcheurs de la communauté côtière, pour laquelle l'affectation est décidée par tirage au sort (Hammer, Jansson et Jansson, 1993). Dans d'autres cas, l'analyse a permis de montrer que différents mécanismes, comme les mécanismes de marché, le contrôle étatique direct par la réglementation, et le développement de règles communautaires, semblent présenter des points forts et des points faibles opposés, ce qui laisse entendre que les institutions qui combinent ces divers types de mécanismes pourraient mieux fonctionner que le déploiement d'un seul de ces moyens pris séparément.

Le système des permis de pêche échangeables introduit en Nouvelle-Zélande, par exemple, a entraîné la création d'organes de cogestion qui ont utilement complété des mécanismes de marché (Stern, 2011). La réglementation du fleuve Mississippi et de ses affluents est un autre exemple de réglementation hybride permettant de protéger les services écosystémiques. Plutôt qu'un système pyramidal étatique de gestion des risques d'inondation et de réglementation des diverses utilisations possibles des cours d'eau, fonctionnant du sommet vers la base, diverses parties prenantes ont été associées à un processus participatif incluant le corps des ingénieurs, le service de la pêche et de la vie sauvage, les propriétaires locaux, les groupes de défense de l'environnement et des universitaires de multiples disciplines. Ces acteurs ont dégagé un consensus sur des modes de gestion alternatifs et ont trouvé un meilleur équilibre entre les diverses valeurs à prendre en considération que ne l'aurait permis l'approche réglementaire habituelle.

Dans ce contexte, il importe de signaler qu'**un aperçu plus récent des études d'évaluation au niveau mondial, *L'économie des écosystèmes et de la biodiversité* (EEB, voir [www.teebweb.org](http://www.teebweb.org)) utilise un ensemble moins sophistiqué de méthodologies que l'exercice de *l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire***. Le TEEB reconnaît explicitement les limites de l'évaluation quantitative et monétaire des services écosystémiques. En outre, ce rapport admet la valeur des études de cas locales comme celles qui ont été menées dans le cadre de l'évaluation pour le millénaire. Cependant, les principales études examinées dans l'étude sur l'EEB sont des études coût-bénéfice quantitatives qui n'intègrent que peu les méthodologies novatrices développées au cours des dernières décennies pour mener à bien des évaluations intégrées. Du point de vue des sciences du développement durable, les analyses telles que celles produites dans l'étude sur l'EEB doivent être plus étroitement articulées avec des valeurs écologiques non quantifiables et une organisation de la recherche davantage transdisciplinaire. À défaut, et comme l'ont souligné certains (Spash, 2011), les efforts déployés risquent de se cantonner à de la pure rhétorique et n'auront pas vraiment d'impact sur l'élaboration des politiques dans le monde réel.

**Parmi les initiatives plus prometteuses s'appuyant directement sur les méthodologies interdisciplinaires et novatrices utilisées dans le cadre de l'évaluation pour le millénaire, citons la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES)** (Vohland et al., 2011). L'IPBES a été officiellement constituée en vertu d'une décision de l'Assemblée générale des Nations unies en décembre 2010. L'amélioration principale qu'elle apporte, par rapport à l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, est un accent plus fort mis sur la dimension transdisciplinaire de la recherche. Cette organisation reste encore jeune et son

efficacité dépendra avant tout du soutien que parties prenantes et responsables politiques voudront bien lui accorder (Larigauderie et Mooney, 2010).

Ces modèles et ces propositions conçus essentiellement par les spécialistes de l'économie écologique ne doivent pas être considérés comme autant de nouvelles panacées. En revanche, ils apportent en matière de développement durable des connaissances scientifiquement rigoureuses et politiquement pertinentes. En particulier, ils ont démontré qu'en admettant l'ensemble des voix concernées à la table de discussion, il était possible d'acquérir une compréhension scientifique plus complète des interactions socio-écologiques. Qui plus est, dans la mesure où un accord est trouvé, celui-ci est atteint grâce à un jugement humain partagé et une argumentation raisonnable fondée sur une pluralité de méthodologies, et non pas sur la découverte d'un modèle mathématique ou d'une «méta-éthique» qui unit tout (Noorgaard, 2009, p. 94).

#### *b. Une décennie de Partenariats scientifiques sur le système Terre*

Le vaste programme des Partenariats scientifiques sur le système Terre est une deuxième application pratique de conceptions scientifiques intégrées concernant les interactions socio-écologiques (Lawton, 2001; Reid et al., 2010). Ces partenariats ont été créés par **quatre programmes mondiaux sur les changements environnementaux – DIVERSITAS, le programme international sur la géosphère et la biosphère, le programme mondial de recherche sur le climat et le programme international sur les dimensions humaines des changements de l'environnement planétaire**. Ces programmes ont uni leurs forces en 2001 pour intensifier leur coopération à travers un programme de recherche interdisciplinaire mondial. Les milieux de la recherche représentés dans ce partenariat soutiennent que le système Terre opère aujourd'hui «largement en dehors de l'état normal qui a été le sien au cours des 500 000 dernières années» et que «les activités humaines génèrent un changement qui va bien au-delà de la variabilité naturelle – de façon parfois alarmante – et à un rythme qui continue de s'accélérer» (Steffen et al., 2004). Pour s'attaquer à ces questions, les quatre programmes sur le changement mondial ont appelé «d'urgence» à la création d'un «cadre éthique d'intendance mondiale et de stratégies de gestion du système Terre» (Steffen et al., 2004).

**La réalisation de projets interdisciplinaires sur le carbone, l'alimentation, l'eau et la santé est cruciale pour la réussite de cette entreprise scientifique. Dans ces projets conjoints, scientifiques et responsables politiques s'attaquent à des problèmes qui requièrent la collaboration entre des intervenants multiples (par exemple, chercheurs, décideurs, ingénieurs, société civile et représentants du secteur privé).** L'un des points forts de ces initiatives coordonnées de recherche internationale réside dans le fait qu'elles réunissent des scientifiques de disciplines sociales et naturelles aux fins d'intégrer différents concepts, outils, données et méthodes propres à certaines disciplines particulières (Ignaciuk et al., 2012, p. 150). Elles sont gérées par des responsables possédant une expérience professionnelle dans la recherche et la coordination, et bénéficient du soutien d'un établissement d'accueil principal et de plusieurs offices régionaux.

Le sous-programme sur les systèmes alimentaires (Global Environmental Change and Food Systems (GECAFS)) est un autre exemple à relever de ces projets conjoints. Il a été conçu pour élargir l'agenda de recherche sur l'alimentation et dépasser l'accent disciplinaire dominant chez la plupart des chercheurs et des organisations dans le domaine de la «sécurité alimentaire» liée aux questions agricoles (Ignaciuk et al., 2012, p. 152). Dans ce programme, les systèmes alimentaires sont conceptualisés sous la forme de systèmes socio-écologiques couplés dans lesquels la vulnérabilité



provient de multiples facteurs de stress relevant de dimensions (par exemple, temporelle, spatiale et institutionnelle) et de niveaux d'échelle différents. Les principaux enseignements tirés des conclusions de ce programme sont la pertinence de la conception des systèmes complexes en ce qui concerne les questions de sécurité alimentaire et l'intérêt inhérent à l'utilisation d'une conception fortement consultative et inclusive (Ingram, Ericksen et Liverman, 2010). Les chercheurs ont notamment souligné la nécessité d'engager un dialogue avec un large éventail de parties prenantes comme les partenariats stratégiques avec des organismes internationaux clés qui ont été noués durant la phase initiale du projet, notamment le partenariat avec le groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR). Ce dialogue avec les parties prenantes a joué un rôle particulièrement important dans l'établissement de l'agenda et d'une série de méthodes participatives, notamment la consultance, les ateliers et certaines méthodes connexes sur des scénarios améliorés (Ignaciuk et al., 2012, p. 152).

Notre compréhension de la dynamique naturelle du système terre a beaucoup progressé ces dernières années et fournit désormais une base solide pour évaluer les effets et les conséquences des changements anthropiques. Les partenariats scientifiques sur le système terre ont clairement contribué à cette entreprise. Le nouveau programme « Future Earth » sponsorisé par le Conseil international des unions scientifiques remplace désormais ces partenariats. Future Earth est une nouvelle initiative de recherche internationale sur 10 ans qui développera les connaissances permettant de réagir efficacement aux risques et aux possibilités allant de pair avec le changement de l'environnement mondial et de soutenir la transformation globale vers le développement durable durant les prochaines décennies. Future Earth mobilisera des milliers de scientifiques tout en renforçant certains partenariats avec les responsables politiques et les parties prenantes afin d'offrir des options et des solutions en matière de durabilité.

**Le défi principal dont dépend la réussite des sciences du système terre tient au niveau d'intégration des sciences sociales et, plus encore, des sciences humaines.** Pour le moment, des cultures scientifiques conflictuelles ont empêché l'intégration des dimensions humaines du changement environnemental mondial dans les sciences du système Terre. Les normes et les modes de fonctionnement des sciences naturelles ont eu tendance à dominer. En revanche, comme l'ont d'ailleurs souligné les promoteurs des partenariats scientifiques sur le système terre (Ignaciuk et al., 2012, p. 156), si l'on ne comprend pas « les dynamiques, les aspirations, les croyances et les valeurs sociales et politiques, et leurs répercussions sur notre propre comportement, nous ne ferons que décrire des phénomènes physiques, biologiques et chimiques dans le monde, observer et documenter ces changements à différentes échelles, et appliquer des technologies pour assurer l'accès aux ressources, mais nous ne parviendrons pas, au bout du compte, à garantir le développement durable ». Dans ce contexte, ils appellent à l'émergence d'une « recherche interdisciplinaire jetant des ponts entre les disciplines et associant les parties prenantes » à l'organisation de programmes de recherche capables d'apporter des solutions pour un monde durable.



### 3.2 Repenser la croissance pour une transition vers la durabilité forte

Depuis la publication des premiers ouvrages majeurs sur la crise environnementale dans les années 1970, les gouvernements nationaux et les institutions multilatérales ont pris progressivement conscience qu'il était impossible de séparer le développement économique des questions environnementales. De nombreux types de développement érodent les ressources environnementales sur lesquels ils doivent être basés. La dégradation de l'environnement peut porter préjudice à certaines aspirations humaines comme le désir d'une meilleure qualité de vie et le droit fondamental à un environnement sain pour tous. Par exemple, l'inégalité d'accès aux ressources et la pauvreté dans les pays en développement entraînent une pression économique tendant à la surexploitation de la base de ressources naturelles (CMED, 1987, p. 3). Par ailleurs, la prospérité humaine dépend du fonctionnement de processus indispensables à la vie dont se charge la nature comme la stabilisation du climat, la protection des bassins hydrologiques et des écosystèmes qui participent à la purification de l'eau potable ou encore la protection des aires de reproduction.

**Afin de traiter l'interdépendance entre les questions environnementales et économiques dans le cadre de la transition vers le développement durable, les spécialistes ont montré qu'il était urgent de repenser nos conceptions de la croissance économique.** Comme nous l'avons aussi souligné au point 1.1, eu égard à l'impossibilité de découpler la croissance économique des flux de matières dans l'économie, les scientifiques se doivent d'intégrer dans leurs modèles de développement économique les limites de la capacité de la planète de régénérer les ressources vitales et d'absorber les déchets. En outre, **de très nombreuses études montrent que les indicateurs économiques actuels, pour l'essentiel basés sur une mesure de la valeur monétaire des activités marchandes des pays, exprimant leur produit intérieur brut (PIB), n'expriment convenablement ni le bien-être humain, ni la justice distributive et moins encore l'amélioration de la qualité de vie.** Pourtant, malgré ces lacunes bien connues des indicateurs de la croissance, ceux-ci continuent de dominer dans la façon dont les responsables politiques et les médias présentent la progression ou le recul du développement d'un pays. Ils restent considérés par les décideurs comme la base sur laquelle il convient de bâtir leurs politiques économiques. Cette priorité absolue attribuée par le monde politique au PIB – ou aux indicateurs plus affinés qui y sont associés comme le revenu réel moyen par personne – se trouve une fois de plus confirmée par le contenu médiatique et le débat public sur la crise économique-financière et les réponses qu'il faut y apporter (van den Bergh, 2011). **Nous constatons, dans ce contexte, une préoccupation extrême à retrouver une croissance rapide du PIB, les moyens de limiter les répercussions du chômage de masse sur le bien-être ou la dégradation des services écosystémiques étant largement moins abordés, par exemple.**

Le débat scientifique sur la refonte de la croissance économique pour garantir la justice environnementale et sociale est complexe et comporte de multiples facettes. Jusqu'à présent, ont prévalu des questions spécifiques concernant des indicateurs de mesure alternatifs ou la mise en œuvre de modèles réalistes et alternatifs adaptés à des économies « après-croissance » (Jackson, 2009b). En revanche, même si ces tentatives prennent le défi de la durabilité forte beaucoup plus sérieusement que les conceptions dominantes concentrées sur la croissance du PIB, elles continuent de passer sous silence la nécessité d'un examen critique par les citoyens et par les parties prenantes des raisons susceptibles de rendre un type de croissance plus souhaitable qu'un autre (Muraca,

2012). De plus, s'ils veulent combler le fossé entre sciences et société, les spécialistes sont contraints d'articuler les nouvelles conceptions de la croissance, et de nouveaux indicateurs, selon des contextes institutionnels divers qui incarnent différents ensembles de valeurs légitimes (Thiry, 2012), ce que montre par exemple la difficulté à promouvoir une conception alternative de la croissance dans les cercles politiques, dont la réaction a consisté essentiellement à sauver l'indicateur « PIB » ou tout au plus à suggérer certaines adaptations. Afin d'illustrer la contribution des sciences du développement durable, cette section passe en revue certaines des stratégies envisageables pour faire face aux insuffisances de l'indicateur conventionnel du PIB.

### 3.2.1. Le PIB, la plus grande défaillance de l'histoire en matière d'information

Dans son aperçu du débat sur la croissance et l'environnement, Jeroen van den Bergh qualifie l'utilisation de l'indicateur « PIB » de « plus grande défaillance de l'histoire en matière d'information ». Comme l'affirme van den Bergh :

« Les informations contenues dans le PIB influencent tous les agents de l'économie : consommateurs, épargnants, investisseurs, banques, marchés boursiers, entreprises privées, gouvernements, banques centrales et organisations internationales. À cause de la nature trompeuse des informations contenues dans le PIB, les agents économiques prennent de mauvaises décisions du point de vue du bien-être social. Compte tenu des nombreuses lacunes du PIB lorsqu'il s'agit de mesurer le bien-être social et les répercussions que peuvent avoir les informations contenues dans le PIB sur l'économie dans son ensemble, nous devons enregistrer, année après année, un recul significatif du bien-être social. Ce constat s'applique en particulier à long terme, à la lumière des effets cumulés de ces informations structurellement trompeuses qui orientent l'investissement et l'innovation vers des directions socialement néfastes. » (van den Bergh, 2009, p. 125)

Bien que les lacunes de l'utilisation du PIB comme indicateur du bien-être et du progrès aient été largement démontrées dans les cercles académiques, il est important d'en réitérer la critique. **En effet, l'utilisation massive et inconsidérée du PIB par les économistes travaillant dans le privé comme dans le public, par les décideurs politiques, par le corps enseignant et par les journalistes a entraîné l'acceptation inconsidérée de cette base d'élaboration des politiques dans la société au sens large également.** Par ailleurs, la critique de l'indicateur « PIB » par les spécialistes du développement durable a généré d'immenses quantités de données provenant de l'analyse interdisciplinaire sur les facteurs déterminants du bien-être humain, de la prospérité et de la justice distributive, qui sont extrêmement pertinentes pour informer des voies de développement possibles fondées sur d'autres principes que le PIB ou que le revenu réel moyen par personne.

Du point de vue technique, le produit intérieur brut (PIB) est la valeur marchande monétaire de tous les produits et services finaux réalisés dans un pays en un an. Le PIB réel par habitant (corrigé par le taux d'inflation) est généralement utilisé comme l'indicateur principal pour juger de la situation de l'économie d'un pays dans le temps ou par rapport à celles d'autres pays. À la suite d'une série de circonstances historiques importantes à l'occasion desquelles le PIB a été utilisé pour déterminer les recettes fiscales destinées aux dépenses militaires, par exemple, ou les premières méthodes économétriques nécessitant des données agrégées (van den Bergh, 2009, p. 122), le PIB est devenu implicitement, et souvent même explicitement, la mesure clé du bien-être d'un pays, comme en témoignent les statistiques officielles de l'OCDE, de la Banque mondiale ou du FMI, pour ne citer que celles-là.

Toutefois, la théorie ne justifie en aucun cas l'utilisation du PIB pour mesurer le bien-être social (van den Bergh, 2011). Premièrement, **selon des études sur le bien-être subjectif, entre 1950 et 1970, l'augmentation du bien-être moyen a stagné ou s'est même transformée en tendance négative dans la plupart des pays riches malgré la croissance constante du PIB** (Layard, 2005). Nous prendrons l'exemple du Royaume-Uni où une enquête réalisée par l'Université de Sheffield pour la BBC a montré que même si les revenus monétaires dans l'économie officielle marchande avaient doublé en moyenne entre 1970 et 2000, l'indice de « solitude » avait augmenté dans toutes les régions du Royaume-Uni où il avait été mesuré. En outre, les commentateurs de l'ensemble du spectre politique s'accordent à reconnaître l'apparition d'une récession sociale durant la même période, prouvée par l'augmentation des taux d'anxiété et de dépression clinique et par une perte de confiance dans la société (Jackson, 2009 b, p. 144).

**Deuxièmement, le PIB, qui place l'accent sur les transactions marchandes, exclut les transactions informelles entre les personnes (van den Bergh, 2011, p. 885). Par conséquent, la croissance du PIB dans les pays développés comme en développement résulte souvent d'un glissement s'opérant des activités informelles vers les activités du marché officiel, auquel cas les avantages qui sont mesurés existaient déjà auparavant.** Ce transfert est toutefois considéré comme une croissance du PIB, même si l'abandon des activités informelles entraîne de nouveaux coûts marchands ou d'éventuelles conséquences négatives pour lesquelles il faut à présent payer, comme le besoin croissant de « navetter » pour travailler si le marché du travail officiel connaît un accroissement d'échelle. De toute évidence, la transition vers une économie de marché officielle présente aussi certains avantages, comme la division du travail et la spécialisation. **Cela étant, l'indicateur « PIB » ne permet pas de juger de l'équilibre optimal entre activités officielles et officieuses étant donné que le PIB ne rend pas compte de la dimension informelle de l'économie.**

**Troisièmement, la dépréciation du capital naturel ne se reflète pas dans le PIB, qui ne mesure que la valeur financière de l'expansion des activités marchandes.** Par conséquent, la substitution de conditions élémentaires – comme l'espace, la tranquillité et l'accès direct à la nature et à l'eau – par des biens marchands – comme des routes ou des installations de purification de l'eau – y sera exprimée sous la forme d'une augmentation du PIB et, donc, comme un progrès (van den Bergh, 2009, p. 133).

Pour faire en sorte que les politiques intègrent de façon plus systématique des éléments qui ont une importance effective pour le bien-être, les spécialistes ont créé un ensemble d'indicateurs alternatifs qui constituent une amélioration nette par rapport au PIB. L'exemple le plus déterminant est certainement celui de l'indice de bien-être économique soutenable (IBES: Daly et Cobb, 1989). Parmi les indicateurs qui en procèdent, citons l'indicateur de progrès véritable (IPV) et l'indice de bien-être économique (IBEE) (Osberg et Sharpe 1998). Ces indicateurs sont autant de corrections du PIB classique qui pallient ses déficiences en lui ajoutant ou en lui soustrayant certains montants partiellement calculés. Par exemple, l'indice de bien-être économique soutenable (IBES) intègre des corrections correspondant entre autres aux coûts de la protection et de la réhabilitation de l'environnement, de la déplétion des ressources non renouvelables, des inégalités de l'emploi et de la répartition des revenus (van den Bergh, 2007, p. 13). L'avantage principal des indicateurs basés sur l'IBES réside dans le fait qu'ils s'efforcent de corriger un large éventail d'imperfections du PIB dans le cadre d'une durabilité forte, ce qui distingue ces tentatives d'autres indicateurs alternatifs plus limités comme l'indice de l'épargne véritable, dont la Banque mondiale a d'ailleurs fait son indicateur

central. En revanche, les indicateurs basés sur l'IBES ont pour lacune commune de nécessiter une évaluation monétaire plus solide qui leur permettrait de devenir des indicateurs acceptables du bien-être social, ce qu'il est souvent impossible d'obtenir en raison de la valeur non monétaire et/ou non marchande de nombreux aspects du bien-être.

Le recours à des indices composites combinant divers indicateurs considérés comme capables d'exprimer les aspects pertinents du bien-être humain s'annonce apparemment plus prometteur. Contrairement aux indicateurs des types précédents, cette optique ne génère pas une valeur monétaire globale calculée (van den Bergh, 2009, p. 125). L'exemple le plus connu à cet égard est l'indice du développement humain des Nations unies qui regroupe un certain nombre d'indicateurs : PIB par habitant, espérance de vie à la naissance, taux d'alphabétisation des adultes, taux brut de scolarisation du primaire, du secondaire et de l'enseignement supérieur dans le système d'éducation. D'autres indices composites ont été développés, notamment pour illustrer l'élargissement de l'indice de développement humain aux questions d'inégalité de revenus et de liberté politique (Dasgupta, 2001, ch. 5). De plus, pour obtenir un rendu plus complet du développement durable, il conviendrait d'inclure des indicateurs de la durabilité environnementale tels que ceux que nous avons évalués plus haut dans le cadre de la conception des services écosystémiques (pour une évaluation utile des services écosystémiques à travers l'approche des capacités, voir Polishchuk et Rauschmayer, 2012).

**Cela dit, au-delà du débat sur les nouvelles mesures techniques destinées à quantifier le bien-être, les spécialistes sont confrontés au défi que représente l'utilisation de nouveaux indicateurs dans divers contextes institutionnels qui incarnent des valeurs différentes** (Thiry, 2012). En effet, les éléments probants relatifs au rôle joué par l'information et la connaissance dans l'élaboration des politiques montrent que les acteurs politiques n'utilisent que rarement cette information en l'intégrant directement dans leurs décisions (Bauler, 2012). Ces éléments probants soulignent qu'il **faut absolument disposer au préalable d'une excellente compréhension du contexte politique et institutionnel général pour que ces indicateurs jouent un rôle plus productif dans l'élaboration des politiques** (Bauler, 2012 ; Sebastien, Bauler and Lehtonen, 2012). Dans le point suivant consacré aux évaluations multicritères intégrées, nous développons une proposition qui tente de relever ce défi.

### 3.2.2. Méthodes d'évaluation intégrées et multicritères pour évaluer la durabilité

Les défenseurs du mantra de la croissance répètent depuis des années à qui veut l'entendre que la croissance économique est la meilleure alliée de la justice distributive et le passage obligé pour garantir une qualité de vie élevée. Cette image simplifiée est en contradiction flagrante avec les éléments probants qui ressortent des études consacrées au bien-être et au bien-être subjectif réalisées dans le contexte du débat sur l'indicateur « PIB » évoqué plus haut. Les défenseurs de la croissance brandissent tous le même argument défensif, à savoir qu'une telle critique conduit forcément à l'adoption d'une position qui s'oppose par principe aux approches quantitatives de l'innovation. Une telle critique semble relever d'une confusion entre l'échec démontré que constitue l'utilisation de l'indicateur « PIB » pour informer les décideurs politiques, d'une part, et une position qui abandonnerait la prise de décision informée sur la croissance et le développement durable, d'autre part. Plus particulièrement, elle néglige l'importante littérature consacrée aux solutions alternatives permettant d'évaluer le bien-être et la prospérité des sociétés humaines pour améliorer les processus de prise de décision.

Premièrement, la critique du PIB en tant qu'indicateur du bien-être et s'agissant de son rôle dans les débats publics et dans la politique n'est pas synonyme de critique des systèmes comptables locaux, nationaux ou mondiaux, s'il était par exemple question d'utiliser les indicateurs alternatifs de bien-être économique durable que nous avons brièvement évoqués ci-dessus (van den Bergh, 2009, p. 127). Les systèmes comptables fournissent des images détaillées et ventilées des flux de biens et de services dans l'économie que complètent de plus en plus des données sur les marchés informels, les ressources naturelles et les dommages causés à l'environnement. Se détourner du mythe de l'agrégation monétaire de toutes ces composantes au sein d'un seul indicateur n'exclut pas la possibilité d'utiliser ces informations pour améliorer les processus de prise de décision sur des questions complexes comme la planification financière, la politique économique et la gestion de l'environnement.

Deuxièmement, **abolir le PIB et l'accent unilatéral qu'il place sur la croissance de la valeur monétaire des transactions sur le marché formel n'est pas un appel contre l'innovation, ni un rejet des nombreux avantages qu'offrent les marchés formels**, du moins lorsque ceux-ci sont contrebalancés par des objectifs sociaux au sens large et ne sont pas considérés comme une fin en soi. En effet, la croissance et la décroissance ne sont pas des fins en soi ; elles doivent faire l'objet d'une évaluation en fonction de cadres du bien-être humain au sens large. Par exemple, aux yeux d'un nombre croissant d'analystes (Weaver, 2011, p. 179), pour vaincre la pauvreté, la croissance du revenu individuel reste nécessaire dans les pays les plus pauvres. Par contre, s'écarter d'une croissance matérielle supplémentaire dans les pays déjà riches contribuerait à dégager de l'espace environnemental pour la croissance ailleurs et permettrait de réduire les inégalités entre les pays et à l'intérieur de chaque pays. L'innovation est nécessaire pour renforcer massivement l'éco-efficacité, mais il faut veiller à ce que des cadres soient en place pour que les gains obtenus permettent de réduire dans l'absolu les flux de ressources de l'économie mondiale.

**La méthode de l'analyse multicritères, en particulier**, illustre de façon appropriée la contribution de ces méthodes alternatives aux approches quantitatives d'évaluation comparative des scénarios de développement durable (Funtowicz et al., 2002; Vatn, 2005, chapitre 12). L'analyse multicritères a été **conçue comme une solution alternative aux outils conventionnels d'analyse coût-bénéfice** qui sont plus généralement à la base des modèles d'évaluation scientifique utilisés pour construire l'indicateur « PIB » et ses améliorations proposées comme l'indice de bien-être économique soutenable. L'analyse coût-bénéfice présuppose la commensurabilité des valeurs entre les différents objectifs – c'est-à-dire la possibilité de les mesurer selon une métrique commune, généralement monétaire – ainsi que la compensabilité – c'est-à-dire l'hypothèse voulant qu'une perte observée concernant un attribut ou un bien peut être compensée par un gain dans un autre – la perte de disponibilité de ressources naturelles pourrait être compensée par la mise en œuvre de moyens techniques pour produire des avantages équivalents en bien-être.

Inutile de le dire, dans le contexte de l'analyse des problèmes de la durabilité forte, de telles hypothèses sont fortement déficientes. Par ailleurs, l'analyse coût-bénéfice est basée sur le principe voulant qu'il faille trouver une solution optimale à un problème de décision sur la base de la variante de Kaldor-Hicks de la règle de Pareto, qui qualifie une solution d'optimale à condition que la somme de ses avantages dépasse la somme de ses coûts (Vatn, 2005, p. 212). Cette dernière conception fait l'impasse sur les jugements de valeurs associés à la répartition des avantages et, de façon plus générale, s'abstient de préciser le poids des divers avantages à considérer, sauf si l'on présuppose

une société où tous les individus ont les mêmes préférences, comme c'est souvent le cas dans la modélisation économique (Vatn, 2005, p. 214).

La structure centrale d'une analyse multicritères est la matrice d'évaluation multicritères, comme l'illustre le tableau 2.1 qui porte sur une situation problématique précise, la résolution d'un problème de transport (Vatn, 2005, p. 339 et 344). La première étape consiste à formuler une série de solutions alternatives. Un problème de transport peut être résolu en construisant une voie de chemin de fer, en mettant en place une ligne de bus ou en construisant une autoroute. On définit ensuite une série de critères qui prennent dûment en compte des coûts monétaires, des modifications du paysage, du temps économisé, des accidents, de la pollution, etc. Les impacts de chacune des solutions alternatives sont mesurés pour chaque critère dans sa dimension la plus pertinente, comme l'argent, les heures gagnées, le rang ordinal des impacts sur le paysage, etc. Si l'une des solutions alternatives est meilleure que toutes les autres pour tous les critères, nous obtenons ce qu'il est convenu d'appeler une situation idéale. Ce n'est généralement pas le cas et l'analyse mène à la définition d'un sous-ensemble de solutions les plus efficaces basé sur toutes les solutions alternatives qui ne sont pas strictement dominées par une autre solution alternative pour tous les critères. Pour terminer, afin de pouvoir classer ces solutions alternatives, il faudra recourir à une sorte de pondération explicite entre les critères basée sur des valeurs ainsi qu'à un algorithme visant à classer les solutions alternatives sur la base de cette pondération (voir les algorithmes les plus communément utilisés comme MAUT (Nijkamp, Rietveld et Voogd, 1990), ELECTRE (Munda, 1995) et REGIME (Hinloopen et Nijkamp, 1990)).

**Tableau 2.1. Scores dans le cadre d'un problème de transport**

(source : Vatn, 2005, p. 344)

Critères	Unités/échelles	Solutions alternatives		
		Autoroute (a)	Train (b)	Bus (c)
1. Coûts	Million d'euros	20	40	15
2. Réduction du temps (par personne)	Minutes/jour	25	15	10
3. Émissions	Tonnes/an	1000	120	350
4. Effets sur le paysage	+++/-	---	-	--

Il va de soi que cette brève présentation d'une analyse multicritères ne livre qu'une illustration très simplifiée des questions élémentaires qu'il faut trancher quand on systématise des objectifs multiples et que l'on procède à leur intégration dans une évaluation globale. En outre, cette méthode, dans la pratique, doit être associée à d'autres méthodes selon les besoins en information et la disponibilité des données relatives à chaque situation de décision.

Les trois conceptions principales développées jusqu'à présent sont l'analyse multicritères (Funtowicz et al., 2002; Vatn, 2005, chapitre 12), les processus d'évaluation délibératifs comme les jurys de citoyens et les conférences de consensus (Vatn, 2005, chapitre 12) et la modélisation intégrée (Boulanger et Bréchet, 2005). En outre, la combinaison de ces conceptions s'est souvent avérée efficace lorsqu'il est devenu nécessaire d'utiliser des outils comme l'« évaluation monétaire délibérative » ou l'« analyse multicritères participative », entre autres (pour un aperçu en la matière,

voir Stagl, 2012). L'avantage principal de ces méthodes est qu'elles permettent de prendre en ligne de compte un grand nombre de données, de relations et d'objectifs qui sont souvent présents dans la prise de décision propre au monde réel, ce qui permet d'étudier le problème de décision de façon multidimensionnelle (Funtowicz et al., 2002, p. 57).

**Quoi qu'il en soit, il a été démontré que l'analyse multicritères, l'évaluation délibérative et la modélisation intégrée sont des outils généraux d'approche quantitative et qualitative d'évaluation systématique du développement durable très utiles dans de nombreuses situations nécessitant la prise de décisions sur des problèmes de durabilité complexes.** L'un des exemples les plus patents est celui de la grande évaluation d'impact sur le développement durable entreprise par la DG Recherche visant à évaluer les impacts environnementaux de divers scénarios de libéralisation des échanges commerciaux (George et Kirkpatrick, 2007). Autre exemple connu, déjà évoqué, celui du recours à l'analyse multicritères dans la comptabilité nationale verte (pour un aperçu des diverses approches, voir Funtowicz et al., 2002, pp. 68-75). Dans l'ensemble, il est évident que ces méthodes ne peuvent à elles seules résoudre les problèmes de développement durable. En revanche, elles contribuent à éclairer les façons de parvenir à des compromis politiques en cas de préférences divergentes et notamment au augmentant la transparence du processus conduisant à un choix entre des voies de développement durable diverses. En effet, dans la mesure où les méthodes d'évaluation intégrées et multicritères permettent la prise en considération des effets multidimensionnels et incommensurables des décisions, elles semblent constituer un cadre de gouvernance prometteur (aux niveaux à la fois micro- et macroéconomique) pour régir la transition vers le développement durable dans des conditions complexes.

### 3.2.3. Éclairages post-keynésiens sur la crise financière: au-delà de la neutralité éthique et de la marginalisation des risques systémiques

**L'impact du fonctionnement du système financier mondial sur l'environnement a reçu beaucoup moins d'attention que les politiques économiques explicitement favorables à la croissance menées par les gouvernements** et les organismes internationaux. Ces dernières ont généré une pression toujours croissante sur les ressources naturelles et les services écosystémiques. Quoi qu'il en soit, les spécialistes du développement durable comprennent de plus en plus que la **déréglementation des marchés financiers au cours des deux dernières décennies**, qui s'inscrit dans une stratégie mondiale de soutien de la croissance en facilitant l'accès aux marchés de capitaux, **joue un rôle majeur dans le renforcement de la pression sur l'environnement et dans la montée des inégalités sociales générées par le modèle de développement actuel** (Jackson, 2009 b; Clapp et Dauvergne, 2011 ; Weaver, 2011). Par exemple, **l'accès facile au crédit pour les consommateurs** privés a encouragé et facilité l'endettement privé. Il se substitue à l'endettement public, quelles que soient les conséquences sociales et écologiques, mais il est à présent perçu comme l'une des causes fondamentales de la récente crise financière de 2008 (Jackson, 2009 b). La **volatilité des marchés financiers** qui résulte de la spéculation généralisée en est un autre exemple. Cette volatilité a entraîné des augmentations brutales suivies d'effondrement tout aussi soudains des prix des matières premières, des ressources naturelles et des produits financiers dérivés qui leur sont adossés, en l'absence de toute prise en considération des impacts sociaux ou écologiques de cette volatilité (Clapp et Dauvergne, 2011, p. 217).



Des crises aussi soudaines qu'imprévues comme la crise financière mondiale de 2008 ne font que renforcer la **mentalité court-termiste des investisseurs sur les marchés des devises**. De même, l'argent investi dans des actions ou des obligations à travers des sociétés d'investissement et dans d'autres dérivés financiers exige des gains à court terme si bien que la plupart des investissements se concentrent sur les entreprises qui promettent de tels gains (Clapp et Dauvergne, 2011., p. 21). Les détracteurs de ce système craignent qu'il soit de plus en plus adéquat, du point de vue financier, d'exploiter une forêt ancienne et d'investir les bénéfices sur les marchés financiers aujourd'hui que d'exploiter durablement la forêt sur un horizon de plusieurs années. Cet état de fait incite les entreprises et les banques qui les soutiennent à se lancer dans des projets d'investissement qui entraînent la destruction de l'environnement à court terme sans accorder d'attention suffisante au long terme. À cause de ce mode de fonctionnement, les marchés financiers tendent naturellement à défavoriser les entreprises qui encouragent les pratiques durables (Schmidheiny et Zorraquin, 1996, cité dans Clapp et Dauvergne, 2011, p. 218).

C'est pourquoi les spécialistes du développement durable insistent sur la nécessité **d'élargir le champ des sciences du développement durable afin d'y inclure des questions comme l'analyse des défauts des marchés financiers déréglementés ainsi que le problème toujours plus grave de la spéculation généralisée et des risques systémiques du système financier** qui génèrent des coûts pour la société qui ne sont pas supportés par les établissements financiers. **L'une des perspectives prometteuses qui a attiré l'attention des spécialistes du développement durable pour régler ces questions est celle de la macroéconomie post-keynésienne** (Holt et Spash, 2009). Le cadre de la macroéconomie post-keynésienne a émergé en réaction à la marginalisation par la macroéconomie néoclassique de la récurrence des crises économiques et financières, mais aussi parce que cette macroéconomie classique fait l'impasse sur les nombreuses études que des économistes universitaires ont consacrées depuis longtemps aux phénomènes de crise.

#### *a. Echecs systémiques de l'économie universitaire*

Selon un certain nombre de grands économistes universitaires en Europe et aux États-Unis, la dernière crise financière de 2008 met clairement en évidence l'échec systémique de l'économie d'inspiration néoclassique telle qu'elle est généralement enseignée dans les universités (Colander et al., 2009). Pour ces experts, les racines de cet échec systémique sont doubles. Premièrement, et surtout, la modélisation abstraite de l'équilibre ou des conditions proches de l'équilibre entraîne une marginalisation systématique de la question des risques systémiques et des instabilités du système financier, soit par leur réduction à un calcul de probabilités s'appuyant sur des modèles de gestion des risques sophistiqués (dont la plupart sont trop abstraits pour qu'on puisse les confronter à des données), soit en définissant simplement ces risques comme extérieurs à la responsabilité des participants du marché. L'exemple le plus connu de la première stratégie se traduit par la conviction, que partageait à l'origine le président de la Réserve fédérale, Alan Greenspan, qu'il suffit d'introduire un nombre suffisant d'instruments dérivés appropriés pour purger le marché de toute incertitude. La seconde stratégie peut s'exprimer par la conviction que ce n'est pas la tâche des économistes d'avertir le public d'une mauvaise utilisation de leurs modèles. Ainsi, certains spécialistes admettent la possibilité de risques systémiques, mais considèrent en revanche que les préoccupations qui procèdent de ces risques systémiques ne concernent pas les banques étant donné que c'est aux gouvernements de fournir une garantie gratuite contre tout effondrement du système dans son ensemble (pour une défense de cette position, voir Krahn, 2005; Krahn et Wilde, 2006).

Le deuxième échec systémique que l'on pointe du doigt est le fait que la modélisation économique est déconnectée d'autres analyses empiriques comme la dynamique sociale. En effet, les macroéconomistes classiques, dans leurs modèles, se basent sur des comportements sociaux et humains que les preuves empiriques ont largement contredits. En particulier, l'hypothèse voulant qu'un « agent représentatif individuel » uniforme calcule les probabilités de tous les événements futurs de manière à maximiser son utilité, et qui fait office d'unité d'analyse sur les marchés financiers, contraste de façon saisissante avec la dynamique sociale à l'œuvre dans le monde réel, qui procède d'interactions entre des agents économiques hétérogènes dont les sources d'information, les motifs, les connaissances et les capacités sont différentes (Colander et al., 2009, p. 9). De même, il est permis de se demander quel est le fondement scientifique des taux de croissance idéaux que privilégient les modèles macroéconomiques en vigueur et qui oscillent généralement autour d'une croissance permanente du PIB de 2 % et davantage (Vatn, 2009, pp. 130-131), sans que l'on justifie ces choix par une analyse empirique informée sur les limites des ressources naturelles disponibles (ou tout du moins de leur disponibilité à bas prix à court terme) ni sur l'impact d'une telle croissance sur les options de croissance et d'après-croissance pour l'économie.

#### *b. La nouvelle synthèse néoclassique*

Mis à part quelques réactions publiques exprimant un certain embarras et même des *mea culpa* au sein de la profession (Krugman, 2009), il est assez frappant de constater qu'une partie de cette dernière a vu dans la crise une confirmation de la solidité et de la précision du paradigme dominant. Robert Lucas, le doyen de la macroéconomie moderne et lauréat du prix Nobel, a exprimé ce point de vue dans une lettre publiée en 2009 dans *The Economist* (Lucas, 2009). Il y exprime son soutien au paradigme conventionnel en affirmant que le cadre néoclassique prédit qu'une situation comme la crise financière mondiale n'est pas prévisible... Son argumentation est assez simple: « Ce que nous n'aurons pas, maintenant ou à un quelconque moment dans l'avenir, c'est un ensemble de modèles qui prévoient la chute soudaine de la valeur des actifs financiers, comme la diminution qui a fait suite à la faillite de Lehman Brothers en septembre 2008. Ce cas de figure n'a rien de nouveau, nous en avons connaissance depuis plus de 40 ans ; il correspond à l'une des implications principales de l'hypothèse de l'efficience des marchés d'Eugene Fama qui soutient que le prix d'un actif financier reflète l'ensemble des informations pertinentes et accessibles de manière générale ».

Le raisonnement de Lucas semble suggérer implicitement que des situations comme celles de la débâcle financière de septembre 2008 ne peuvent s'expliquer qu'à posteriori et du fait d'un choc exogène, et qu'elles ne sont donc pas forcément la conséquence d'une mauvaise coordination intertemporelle entre les agents économiques (Leijonhufvud, 1997; Sethi, 2012), ni d'une évolution endogène consubstantielle d'une économie de marché complexe conduisant à une instabilité intrinsèque (Sethi, 2012). Le cadre qui a émergé de ce raisonnement est appelé dans les cercles universitaires et politiques la « nouvelle synthèse néoclassique ».

Le « modèle d'équilibre général dynamique et stochastique »\* constitue le cœur théorique de ce paradigme conventionnel. Ce modèle suppose entre autres un marché illimité dans lequel les coûts de transaction sont inexistantes et où opèrent des agents économiques clairvoyants modélisés par le dispositif de l'agent économique représentatif uniforme. Le problème principal de ce modèle réside dans le fait qu'en dépit de nombreuses améliorations, il n'est ni basé sur, ni confirmé par la recherche empirique ou des hypothèses comportementales. Ses suppositions résultent plutôt de

l'adoption d'hypothèses microéconomiques considérant que les marchés sont toujours à l'équilibre quels que soient les cycles économiques. Ces suppositions sont une construction théorique indispensable pour marier la macroéconomie avec la conception walrasienne de l'équilibre dynamique telle qu'elle a été modernisée et formalisée par Arrow et Debreu (Arrow et Debreu, 1954 ; De Vroey, 2009 ; Blanchard, 2000). Ce coup de force a provoqué une déstabilisation de la conception classique de la macroéconomie du rôle et de l'efficacité de la politique fiscale et monétaire destinée à favoriser le bien-être et l'emploi, tout en fournissant des fondements microéconomiques à l'offensive monétariste basée sur la stabilisation de ce qu'il est convenu d'appeler les fondamentaux économiques.

Ce cadre constitue l'épine dorsale de la nouvelle génération des modèles à moyenne échelle actuellement élaborés au sein du Fonds monétaire international, du Conseil de la Réserve fédérale, de la Banque centrale européenne (BCE) et de nombreuses autres banques centrales. Il a aussi fourni les assises théoriques des stratégies orientées vers la stabilité des prix et la lutte contre l'inflation, adoptées par la majorité des banques centrales du monde industrialisé (Gali, 2008).

Toutefois, en dépit de l'utilisation généralisée de ce modèle théorique, de plus en plus de spécialistes admettent les limites inhérentes à cette conception (cf. la discussion dans Padilla, 2012). Premièrement, selon la conception de l'incertitude qui sous-tend le modèle d'équilibre général dynamique stochastique, les processus stochastiques sont caractérisés par l'hypothèse d'ergodicité. L'axiome ergodique impose la condition que le futur est prédéterminé par des paramètres existants. Par conséquent, le futur peut être prédit de façon fiable en analysant les données passées et actuelles du marché pour obtenir la distribution de probabilités régissant les événements futurs. En résumé, nous ne sommes jamais déçus d'une autre manière que lorsque nous le sommes en jouant à la roulette puisque « les moyennes des anticipations sont précises » (Muth, 1961).

Deuxièmement, pour que ce modèle puisse se prêter analytiquement au calcul mathématique, les chercheurs supposent un agent économique représentatif uniforme qui utilise un calcul de probabilités spécifique pour déterminer ses attentes rationnelles futures. Comme l'a souligné Rajiv Sethi (2012), il faut y voir une conséquence du cadre de l'équilibre général : « l'équilibre, dans un modèle intertemporel, requiert que les individus aient des projets qui soient non seulement optimaux, conditionnés par leurs attentes concernant l'avenir, mais aussi mutuellement cohérents ». C'est pourquoi « les réévaluations d'actifs et les crises financières de grande ampleur, dans cette perspective, ne surviennent qu'en réaction à des chocs exogènes et non parce qu'un grand nombre d'individus en viennent à prendre conscience qu'ils ont fait des projets qui ne peuvent pas être tous réalisés » (Sethi, 2012).

### *c. Un exemple de cadre macroéconomique interdisciplinaire*

**Afin de construire un modèle empiriquement plus solide et politiquement plus pertinent, les post-keynésiens ont développé au fil des ans une conception différente capable d'expliquer les problèmes de la spéculation généralisée et des risques systémiques du système financier** (Holt et Spash, 2009, pp. 3-4). Ils ont notamment créé la notion de rationalité sociale qui soutient que les habitudes et les comportements grégaires peuvent donner lieu à des bulles et entraîner des crises récurrentes en l'absence de marchés financiers réglementés. Grâce à des modèles trajectoire-dépendants, ils ont expliqué la persistance de situations sous-optimales, notamment la persistance du chômage élevé dans les pays développés. Qui plus est, les post-keynésiens ont souligné que le

futur est incertain plutôt que connu avec une certaine distribution des probabilités (Ibid.), ce qui les a conduit à insister sur le rôle que doit jouer la politique et la réglementation des gouvernements pour faire face aux conséquences imprévues de choix économiques.

Ces diverses idées de l'économie post-keynésienne présentent une **pertinence immédiate** dans le cadre du débat sur l'économie de l'après-croissance et sur la réglementation des marchés financiers **dans une perspective de durabilité au sens fort**. Par exemple, James Juniper (2009) et Jerry Courvisanos (2009) font usage du cadre macroéconomique émergent de la pensée post-keynésienne **pour faire apparaître les conséquences de l'incertitude dans le cadre des décisions des entreprises en matière d'innovation environnementale et d'investissement pour le développement durable**. Ils montrent que le comportement grégaire peut produire des effets cumulatifs : il peut mener à des percées majeures en ce qui concerne les investissements en faveur de l'environnement, comme il peut causer des dommages à long terme sur l'environnement. Autre contribution importante de l'économie post-keynésienne, elle a **incorporé dans les modèles économiques de production les concepts classiques du conflit de classe sur l'excédent social annuel et de l'importance des coûts physiques réels**. Comme l'ont montré Gowdy et al. (2009), les modèles de production théoriquement cohérents inspirés des travaux de Pasinetti, Rymes, Sraffa et d'autres utilisant des rapports ressources-production verticalement intégrés se sont avérés parfaitement capables de décrire la structure réelle de l'économie moderne. Cas d'espèce parmi d'autres, citons la théorie formelle de la croissance transformationnelle de Pasinetti où seule la satisfaction accrue des capacités humaines vitales est comptabilisée comme de la croissance tandis que les pratiques de production qui détruisent l'environnement et les dépenses militaires impérialistes sont décomptées sous forme de croissance négative (Pasinetti, 1981). Ce dernier modèle illustre avec élégance l'une des façons envisageable d'intégrer directement le développement durable dans les modèles macroéconomiques alternatifs.

Les idées maîtresses de la macroéconomie post-keynésienne qui émergent de cette littérature se caractérisent par les points suivants (Holt et Spash, 2009, p. 3) :

- reconnaissance de la prévalence de l'incertitude (reconnaître la prévalence d'un problème lorsqu'il n'existe aucune base scientifique sur laquelle fonder quelle que probabilité calculable que ce soit) ;
- reconnaissance de la dépendance à la trajectoire inhérente à la nature de l'économie (au lieu de supposer que le système tend vers l'équilibre) ;
- impact de la rationalité sociale sur la prise de décision individuelle ; et
- accent sur la croissance des revenus des agents individuels tendant à satisfaire leurs besoins, et non pas accent sur le système de fixation des prix (qui n'est plus considéré comme un mécanisme d'information approprié révélant des informations à destination des décideurs individuels, mais comme un mécanisme affecté par la spéculation et le pouvoir de marché).

Bon nombre de ces idées clés ouvrent d'immenses possibilités aux sciences du développement durable, en particulier parce qu'elles offrent de nouveaux outils pour étudier des questions essentielles comme l'instabilité et la répartition intergénérationnelle du capitalisme moderne, même si l'accent placé sur la croissance des revenus ne cadre pas avec l'intégration des limites des ressources de la planète dans l'analyse du facteur humain et du développement économique. Cela étant, les post-keynésiens eux-mêmes admettent de plus en plus les inconvénients créés par l'accent

sur l'expansion de la demande du keynésianisme et, comme nous l'avons vu, les universitaires post-keynésiens ont commencé à intégrer dans leur cadre de pensée les problèmes de la durabilité de l'environnement (pour un aperçu, voir Mearman, 2005).

L'une des conséquences introduites par le cadre post-keynésien est l'exigence de développer un programme de recherche interdisciplinaire relatif au rôle des attentes et des processus hétérogènes qui ont trait à la formation des convictions et des récits narratifs contradictoires sur le futur sous la contrainte d'une incertitude ergodique. Un tel programme doit prendre naissance à l'intérieur des frontières de la macroéconomie et doit plonger ses racines dans la nécessité de surmonter les fermetures épistémologiques décrites ci-dessus. Dans ce contexte, la macroéconomie doit élaborer un programme de recherche ouvert et interdisciplinaire visant entre autres à créer un spectre élargi de faits stylisés et d'outils analysés dans lequel non seulement les conceptions économiques interdisciplinaires comme l'économie évolutionniste véblénienne (voir point 3.4.2 ci-dessous), mais également d'autres disciplines comme la psychologie sociale, les modèles basés sur les agents, l'anthropologie et la sociologie organisationnelle jouent un rôle décisif.

### 3.3 Tenir compte du choix démocratique dans les transitions socio-technologiques

Les spécialistes du développement durable comme les responsables politiques admettent largement que l'innovation sous ses diverses formes est absolument essentielle pour mettre en œuvre le type de changement transformatif nécessaire pour qu'il soit tenu compte de l'interdépendance entre questions environnementales et économiques au cours de la transition vers le développement durable (Stamm et al., 2009). Dans ce contexte, l'idée qu'il nous faut transformer fondamentalement la politique en matière de recherche, de technologie et d'innovation a progressivement fait son chemin dans les débats sur le développement durable. Récemment, elle a encore gagné du terrain dans le cadre du débat européen sur les Grands défis (Union européenne, 2008). En effet, **pour appliquer ce changement transformatif à long terme, il faudra davantage qu'une innovation au coup par coup sur des produits ou des processus, au niveau des entreprises. Nous devons concrétiser des innovations systémiques globales, c'est-à-dire mettre en œuvre de nouvelles configurations touchant aux parties prenantes, aux institutions et aux pratiques, qui susciteront de nouveaux modes de fonctionnement de secteurs ou de systèmes de production et de consommation dans leur ensemble** (Weber et Rohracher, 2012, p. 1037).

Malgré une littérature toujours plus abondante sur la nature complexe de l'innovation, sur son caractère « hybride » ou socio-technologique, de nombreux citoyens, responsables politiques et spécialistes continuent d'insister, lorsqu'ils expriment leur soutien à l'innovation, sur les « astuces techniques ». Ils ne s'intéressent qu'à peine à ce type plus fondamental de changement transformatif que sont les modes d'innovation qui sont indispensables pour assurer la transition vers le développement durable. **Même d'éminents spécialistes de l'après-croissance** comme Tim Jackson (2009b) – qui concentrent leur attention sur les technologies propres – et Jeremy Rifkin (2011) – qui propose une conversion massive vers l'énergie solaire décentralisée – **placent fortement l'accent sur des astuces techniques ou des investissements verts pour surmonter la crise de la durabilité sans remettre en question les nombreuses positions complexes et contradictoires concernant la connaissance, l'éthique, les significations et les intérêts qui définissent les trajectoires suivies par la recherche scientifique et par l'innovation technologique dans le monde réel.**

Dans ce contexte, de grands spécialistes des études scientifiques et technologiques suggèrent qu'il y a lieu de repenser les hypothèses dominantes sur les sciences, le développement durable et le progrès (Pauwels, 2011, p. 113). Ils soutiennent que des notions comme celles de l'« objet » scientifique, des « limites de sécurité » des technologies ou du « risque », par exemple, sont intrinsèquement ambiguës. De nouveaux débats s'imposeraient sur les processus d'innovation (Wynne, 2007). Qui plus est, le concept de systèmes d'innovation orientés vers le développement durable (Stamm et al., 2009) englobera toujours une gamme de significations normatives complexes dont la forme se perd si elles sont réduites à de simples questions d'« astuces technologiques ».

La discussion qui anime la communauté scientifique autour du nouveau domaine scientifique de la biologie synthétique illustre à merveille la nature hybride, socio-technologique, de la recherche scientifique et de l'innovation technologique (Pauwels, 2011, p. 114-115). Capable de développer des organismes faits sur mesure, dotés de capacités aussi puissantes que nouvelles, la biologie synthétique est présentée dans les médias américains comme la solution par excellence aux défis du développement durable. Ces organismes faits sur mesure peuvent être programmés pour lutter contre des maladies et créer de nouvelles matières destinées à fabriquer ou à produire une source abondante d'énergie propre, renouvelable (Ballon, 2008). En revanche, des perspectives opposées dont la société civile se fait le porte-voix paraissent dans la presse pour contester cette vue. Craignant que des « cellules Frankenstein » ne menacent les écosystèmes, des groupes de défense de l'environnement ont condamné la biologie synthétique, qu'ils considèrent comme une menace grave sur la biosécurité des personnes comme de la planète (Ballon, 2008). De surcroît, plusieurs voix dans le monde universitaire se sont élevées pour mettre en garde contre la possibilité d'un développement non durable de cette technologie. Leurs préoccupations sont à la fois environnementales et sociales (Rodemeyer, 2009). Cette technologie nouvelle et prometteuse ne va donc pas sans soulever de graves questions sociales, éthiques et de sécurité (Pauwels, 2011, p. 133). Le but de ces questions n'est pas de freiner les processus d'innovation ou de faire prévaloir des attitudes alarmistes, mais bien de sensibiliser plus largement la société aux effets que la biologie synthétique pourrait avoir tant sur nos systèmes politiques que sur notre conception de l'humanité dans son ensemble (Pauwels, 2011).

Afin de mettre en œuvre les transformations à long terme des systèmes socio-technologiques, les spécialistes de la durabilité et les responsables politiques doivent comprendre les interconnexions systémiques qui caractérisent les nombreuses trajectoires sociales de l'innovation technologique, qui vont des risques pour l'environnement et les écosystèmes aux controverses entre communautés scientifiques en passant par les paramètres économiques, les processus d'élaboration des politiques ainsi que les valeurs et les préoccupations d'ordre culturel. En réponse à ces défis, les spécialistes des sciences et des technologies ont développé diverses approches théoriques visant à encourager l'innovation dans le cadre de la transition vers le développement durable, comme la gestion de la transition, la gestion de niche stratégique ou la perspective multi-niveau sur les transitions socio-techniques, pour n'en citer que quelques-unes. Par ailleurs, les spécialistes de l'économie évolutionniste ont approfondi notre compréhension des processus historiques de longue durée et de leur rôle dans les blocages technologiques persistants. Dans le point suivant, nous passerons en revue les principales caractéristiques de ces domaines de recherche transdisciplinaires si prometteurs et nous procéderons à l'évaluation de leur contribution à l'agenda de recherche des sciences du développement durable.



### 3.3.1. Des innovations au niveau de l'entreprise aux transitions vers le développement durable

#### **a. La perspective restreinte des systèmes d'innovation**

Le raisonnement qui justifie habituellement l'intervention publique dans la conception conventionnelle de l'innovation au niveau de l'entreprise trouve ses bases dans des arguments relatifs à la **défaillance du marché**, tels qu'ils ont été développés par Arrow (1962). Selon l'argument principal, un marché pleinement compétitif et décentralisé ne fournira qu'un niveau sous-optimal d'investissement dans le développement des connaissances à cause du fait que certains types de connaissances sont des biens publics par nature, d'effets de débordement potentiels et de l'horizon temporel court qu'utilisent les acteurs du marché dans leurs calculs d'investissement (Weber et Rohracher, 2012, p. 1041). Ce sous-investissement a justifié à la fois le **subventionnement du développement de connaissances élémentaires** et la mise en place de structures de protection et d'incitation spécifiques comme le **système des droits de propriété intellectuelle**. En outre, les spécialistes de l'innovation reconnaissent qu'il est nécessaire de disposer de mécanismes pour améliorer la structure et la dynamique des systèmes d'innovation, par exemple en encourageant l'apprentissage interactif entre les entreprises et les universités ou en développant des capacités adaptatives à l'intérieur même des entreprises (Weber et Rohracher, 2012, p. 1042).

**Cette perspective du système d'innovation a été largement acceptée comme la base de la politique de technologie et d'innovation. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), par exemple, utilise les concepts d'innovation nationaux comme une partie intégrante de sa perspective analytique** (Sharif, 2006). L'OCDE facilite la diffusion de bonnes pratiques en matière de recherche, de technologie et d'innovation en fournissant des statistiques, des analyses et des recommandations provenant de ses membres. Les droits de propriété intellectuelle, les stimulants fiscaux relatifs à l'innovation ou la facilitation du rapprochement entre universités et industries font partie du répertoire standard des politiques proposées et qui sont largement appliquées par les pays membres de l'OCDE.

**Les arguments de la défaillance du marché et de la défaillance des systèmes**, considérés depuis la perspective des systèmes d'innovation, sont utiles et valides, mais ils restent confinés à l'évaluation des déficits structurels des systèmes d'innovation, qui **sont loin de suffire à embrasser l'ensemble du processus de transformation des systèmes socio-technologiques nécessaires pour assurer la transition vers une durabilité forte**. Certains spécialistes de la transition comme Weber et Rohracher (2012, pp. 1042-1044) ont identifié un ensemble de défis à relever pour régir une telle transition, que la perspective des systèmes d'innovation ne prend pas en considération.

Afin de comprendre les processus transformatifs d'innovation à long terme au sein des systèmes socio-technologiques, un premier défi pour les spécialistes du développement durable réside dans la question de **l'orientation normative globale du changement transformatif**, au-delà d'une analyse cantonnée à la seule question de savoir comment générer de nouvelles innovations de manière aussi efficiente et aussi efficace que possible. Cette direction est définie, par exemple, en identifiant de grands problèmes ou défis de société et en développant des « visions » grâce à des coalitions d'acteurs clés. Deuxièmement, il faut tenir compte du caractère à long terme du changement transformatif, associé à l'incertitude qui entoure ce processus. Cela nécessite notamment l'analyse des processus de contrôle des objectifs normatifs et le développement de stratégies d'adaptation.

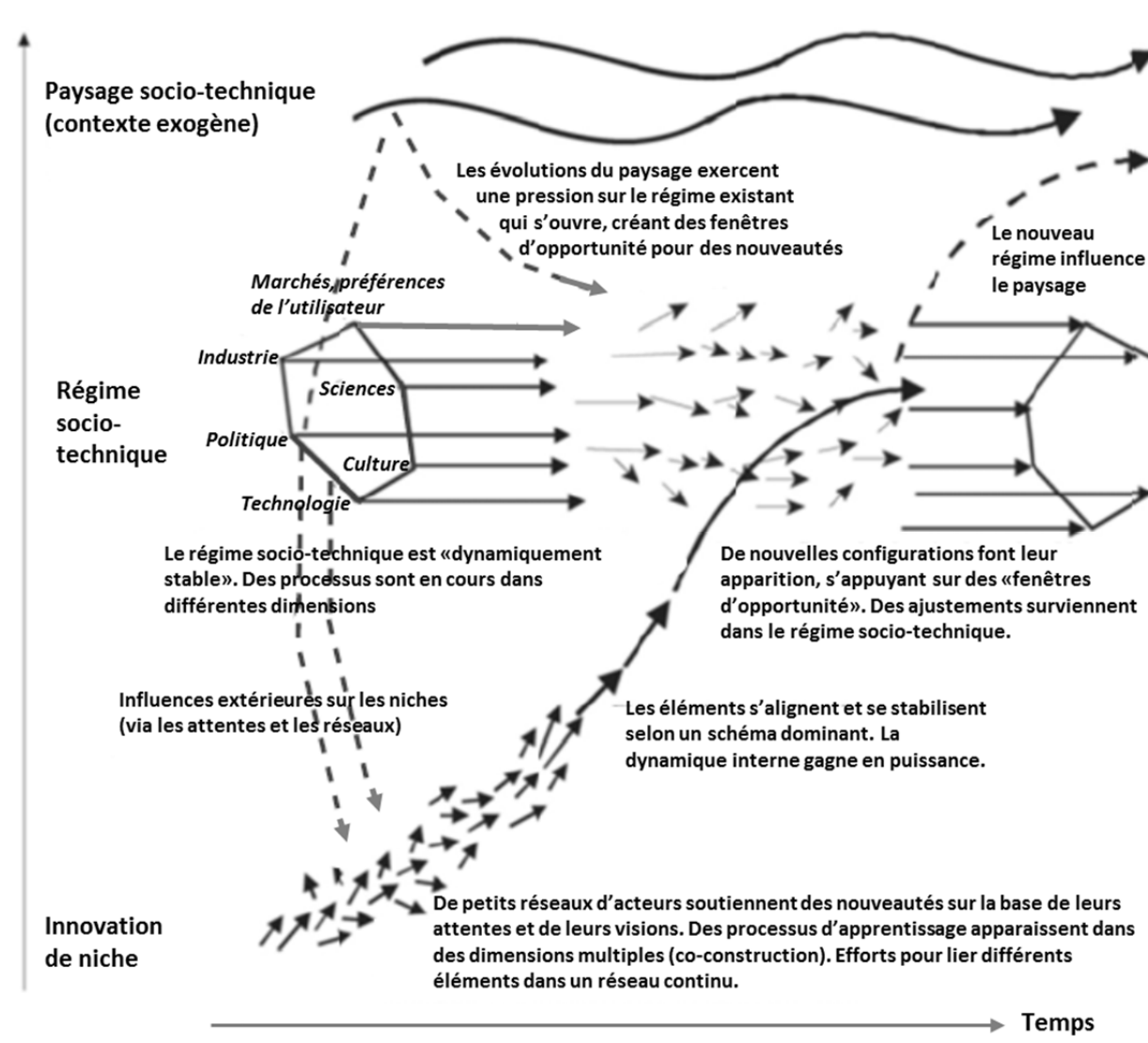


L'une des questions de recherche fondamentales qui se pose aux spécialistes de la transition consiste par conséquent à examiner comment des systèmes socio-technologiques peuvent développer **leur capacité de contrôle, d'anticipation et d'implication des acteurs dans des processus ouverts d'autogouvernance adaptative**. Troisièmement, il convient de s'attaquer aux **problèmes de coordination intervenant entre des niveaux politiques et au sein d'un réseau élargi d'utilisateurs et de parties prenantes**, au-delà de l'accent à placer sur la coordination des problèmes rencontrés uniquement par les entreprises, les universités ou d'autres acteurs de la recherche et du développement.

#### ***b. Reconnecter innovations et pratiques sociales***

Les spécialistes des systèmes socio-technologiques ont développé diverses approches pour résoudre ces questions et rétablir un lien entre l'analyse des innovations techniques et scientifiques et les interconnexions systémiques entre trajectoires des innovations et processus sociaux. Malgré la multiplicité des modèles et des théories spécifiques qui ont été élaborés par les spécialistes de la transition, ces conceptions peuvent être considérées comme des modèles d'arrangements politiques socio-technologiques reposant sur deux préoccupations fondamentales (Boulanger, 2012) : premièrement, développer un cadre conceptuel pour comprendre les changements de société intervenant au niveau des systèmes socio-technologiques (appelé la perspective multi-niveaux sur les transitions) et, deuxièmement, développer un modèle de gouvernance de ces systèmes appelé « gestion de la transition ».

La perspective multi-niveaux vise à analyser des changements transformatifs à long terme au sein de systèmes socio-technologiques complexes. Dans le cadre de cette conception, le changement social pris comme transition est analysé comme le résultat de la dynamique entre trois systèmes qui forment une hiérarchie à plusieurs niveaux (Boulanger, 2012; Weber et Rohracher, 2012; Geels et Schot, 2007) : premièrement, le système des **innovations dans des niches technologiques**, qui fonctionne à la manière d'une source de variétés, de banc d'essai et de « moteur du changement » ; deuxièmement, les **régimes** (comme les systèmes énergétiques) fournissant des structures, des cultures et des pratiques partagées par tous les acteurs du domaine socio-technologique ; et, troisièmement, les **paysages** socio-technologiques, qui désignent un environnement exogène composé de normes, de valeurs et de structures culturelles en évolution lente et qui ne subissent pas directement l'influence des acteurs des niches et des régimes (comme une sensibilisation ou une préoccupation accrue en matière de durabilité). Selon cette conception, **les transitions peuvent être déclenchées par une combinaison d'innovations par créneaux (niches), des pressions engendrées par des changements dans le paysage et la résolution des problèmes au niveau du régime**, comme le décrit la figure 3.2.



**Figure 3.2. Typologie des trajectoires de transition socio-technologiques**

(Source : Geels et Schot, 2007, p. 401).

L'aspect politique de la théorie de la transition est généralement appelé la gestion de la transition. Il s'agit d'une méthodologie visant à initier et/ou à piloter des transitions en cours afin que les nouveaux régimes socio-technologiques soient compatibles avec le développement durable (Boulanger, 2012). Les éléments principaux du processus sont l'identification d'un groupe de chefs de file capables d'élaborer une analyse intégrée du problème, un processus de détermination et de prise en compte des scénarios à moyen et à long termes, la conduite d'expériences de transition et le contrôle et l'évaluation permanents par tous les acteurs concernés.

La conception de la transition (ainsi que ses divers sous-domaines et sa méthodologie) est un moyen prometteur de surmonter les lacunes de la perspective de l'innovation au niveau de l'entreprise et l'illusion d'une adoption aussi automatique que facile des « astuces technologiques » pour régler les questions soulevées par la durabilité forte. **L'une des contributions principales de cette conception de la recherche en matière de durabilité est d'avoir créé une pratique de la recherche**

**transdisciplinaire du développement durable** (Boulanger, 2012). Comme indiqué dans Grin, Rotmans et Loorbach, 2010, o. 107, « notre conception transdisciplinaire [des transitions] ne s'appuie pas seulement sur l'apport de la connaissance et de l'expertise scientifiques, mais aussi sur la recherche participative. Comme la recherche sur la transition tend aussi à apporter une contribution à une société plus durable, la recherche-action joue un rôle décisif également. L'échange de connaissances entre scientifiques et acteurs de la société auquel notre conception donne lieu ne suit pas une voie linéaire, elle entraîne en fait un processus sociétal de coproduction entre toutes les parties concernées ». Par exemple, aux Pays-Bas, un petit réseau de chercheurs universitaires et de consultants politiques a produit le scénario original des transitions (Rotmans, Kemp et van Asselt, 2001). Ce réseau a ensuite développé la recherche sur les transitions socio-technologiques en interaction étroite avec les responsables politiques.

La conception de la transition a été adoptée en 2001 par le gouvernement néerlandais, qui a estimé que ce langage était approprié à son quatrième plan pour la politique environnementale. Elle est actuellement utilisée dans plusieurs pays dont l'Allemagne, le Royaume-Uni, la Finlande, la Belgique et la Suisse, pour ne citer que ceux-là. Pour autant, les conceptions de la transition, bien qu'elles aient été surtout utilisées dans le contexte du développement durable, créent essentiellement **une théorie générale des transitions socio-technologiques, et non pas une théorie de la durabilité forte ou des relations intégrées entre l'être humain et l'environnement**. En effet, même si cette conception a surtout été utilisée dans le contexte du développement durable, en soi, elle ne conceptualise pas le développement durable (Boulanger, 2012). Cette lacune a causé des frustrations et des tensions croissantes par exemple dans le cadre d'une initiative majeure de transition en Flandre, plus précisément dans le domaine des déchets et des matériaux durables : l'orientation dominante initialement, la réduction des déchets, a dû céder le pas à la création d'un marché de fourniture de déchets en tant que produits secondaires (Paredis, 2011).

À l'image des conceptions scientifiques, technologiques et sociétales prises dans un sens plus général, les **approches de la transition** sont autant d'outils qui peuvent servir au développement durable, mais qui **mériteraient d'être développées plus avant et selon des axes spécifiques afin de contribuer davantage aux principes fondamentaux des sciences du développement durable** décrits dans ce rapport. **Notamment, les interactions socio-écologiques ainsi que les relations de dépendance entre systèmes socio-technologique et écologique, dans une perspective de durabilité forte, devraient être intégrées directement dans l'analyse** (et non pas y apparaître marginalement ou sous la forme d'un facteur de motivation extérieure ou d'un ensemble de conditions cadres).

L'un des moyens les plus prometteurs de progresser dans cette direction consiste à établir une relation entre la recherche sur la transition et d'autres disciplines qui possèdent une plus longue expérience d'analyse interdisciplinaire des relations socio-écologiques, comme la géographie. Par exemple, pour étudier la politique de la transition énergétique dans des zones urbaines, un exercice qui s'appuie sur la volonté de rétablir le lien entre l'économie de la ville et sa base locale de ressources naturelles, la ville et sa région peuvent être analysées comme un lieu où existent des interactions entre différents processus de transition et où, par conséquent, des synergies et des obstacles entre différentes transformations technologiques pourraient devenir visibles. Comme le suggèrent Coenen et al. (2012, p. 976), dans une telle perspective, villes et régions peuvent être considérées comme des nœuds principaux au sein de réseaux plus étendus d'acteurs qui peuvent développer simultanément leurs ressources et leurs accès au niveau local et influencer les ressources

à différentes échelles spatiales. À cet égard, et comme le signalait également Coenen, il est encourageant que la recherche sur la transition se soit de plus en plus rapprochée des responsables politiques et des parties prenantes des zones urbaines afin de prendre en considération une perspective plus cohérente et pluri-échelles sur les transitions vers le développement durable (Loorbach, 2007). De la même manière, Marina-Fischer Kowalski développe une conception novatrice qui crée une relation plus forte entre la recherche sur la transition et l'éthique de la durabilité au sens fort. Cette approche « métabolique » de la transition, c'est ainsi qu'on l'appelle, conjugue analyse des transitions entre régimes socio-technologiques et analyse des besoins énergétiques de l'individu moyen dans chacun des régimes (Fischer-Kowalski et Rotmans, 2009).

### **3.3.2. La contribution de l'économie évolutionniste véblénienne à la prise en compte des processus d'innovation historiques de longue durée**

La perspective multi-niveau sur les transitions discutée plus haut peut être utilement combinée avec le cadre de l'économie évolutionniste véblénienne, dans la mesure où cette conception s'accommode sans difficulté de méthodes interdisciplinaires en matières de transitions socio-technologiques. Notons que Veblen était économiste et sociologue, et qu'il était inspiré par des disciplines diverses dont la biologie, la psychologie de l'instinct et la philosophie pragmatique. Eu égard à la nécessité d'intégrer plus directement l'analyse écologique dans l'étude des systèmes socio-technologiques, il pourrait s'avérer prometteur, dans cet ordre d'idées, d'allier les vues de l'économie évolutionniste véblénienne et la conception multi-niveaux de la gestion de la transition à la perspective générale de l'économie écologique. Il semble que l'intégration de ces deux cadres de pensée puisse constituer un moyen encourageant de régir la transition socio-technologique tant sur le plan théorique que sur celui de l'application, et plus prometteur en tous cas que les approches des systèmes d'innovation en vigueur.

Le domaine des innovations technologiques et les problèmes liés au verrouillage technologique illustrent avec justesse la contribution de l'économie évolutionniste aux sciences du développement durable. Depuis la publication de *An Evolutionary Theory of Economic Change* par Nelson et Winter (1982), ce domaine n'a cessé de faire l'objet de très nombreuses recherches. Bien que la contribution de Nelson et Winter au domaine de l'économie évolutionniste soit incommensurable (nombreux sont les auteurs qui considèrent ce livre comme l'acte de naissance de l'économie évolutionniste moderne), cette école de pensée de l'économie évolutionniste (c'est-à-dire schumpétérienne et simonienne) ne semble pas aussi immédiatement utile du point de vue de la perspective que les sciences du développement durable devraient adopter sur l'innovation technologique que la littérature sur la dépendance à la trajectoire de développement, par exemple, héritée des travaux de Thorstein Veblen.

**La contribution essentielle qu'apporte l'économie évolutionnaire historique de Veblen à l'étude des processus de transition de longue durée réside dans la perspective radicalement distincte qu'elle adopte vis-à-vis de la conception anhistorique, réductionniste et mécaniste qui caractérise l'économie conventionnelle.** En effet, comme l'ont parfaitement démontré Veblen et ses disciples, les influences cartésienne et newtonienne sur l'économie ont été décisives (Veblen, 1898 ; Maréchal, 2007). Elles ont conduit à un modèle basé sur le « réductionnisme mécaniste ». Car ce modèle réductionniste explique non seulement des économies entières sur la base d'un(e) seul(e) et unique agent/entreprise – à travers l'hypothèse de l'agent représentatif – mais la caractérisation de cet(te)

agent/unité est réduite à ses propriétés mécaniques, comme l'illustre la construction de l'*Homo Oeconomicus*. Comme l'affirme Foster (1997, p. 432), l'héritage cartésien et newtonien nous laisse un paradigme économique linéaire et anhistorique puisqu'il « ne décrit pas un processus qui se déroule dans l'histoire ».

Afin de passer outre les faiblesses dont souffre ce modèle pour étudier les processus de transition de longue durée, **les économistes évolutionnaires recourent à deux idées fécondes, qui sont les niveaux multiples de l'évolution économique et les processus de dépendance à la trajectoire.** Comme le précise Witt (2004, p. 124), il découle des conceptions de l'économie évolutionnaire que « la question n'est pas de savoir comment les ressources, dans des conditions diverses, sont allouées optimalement à l'équilibre (...) », mais bien de savoir « pourquoi et comment les connaissances, les préférences, les technologies et les institutions changent dans le cadre de processus historiques », et de savoir « quel est l'impact de ces changements sur l'état de l'économie à un moment donné ».

L'inertie inhérente à tout processus de dépendance à la trajectoire peut être illustrée par le célèbre cas du clavier QWERTY (David, 1985). Bien que cette façon de concevoir un clavier ait trouvé son origine dans des motifs délibérés et justifiés (le but concernait les machines à écrire et était d'éviter que les tiges de touches voisines aient tendance à se coincer l'une l'autre), le critère principal de cette décision a perdu toute pertinence dans l'ère informatique actuelle. Cela n'empêche pas du tout cette disposition de rester la plus utilisée à ce jour alors que d'autres sont disponibles et plus efficaces. C'est ce que Foray appelle la « persistance d'intentions obsolètes » (1997, p. 745).

Le cas du verrouillage technologique n'est qu'un exemple parmi d'autres de la façon dont la perspective véblénienne peut utilement informer les sciences du développement durable. Il importe en revanche de signaler que l'économie évolutionnaire n'a pas été le moins du monde conçue pour apporter une réponse au défi de la transition des sociétés vers le développement durable. Elle ne prescrit aucune direction à cet égard. En revanche, là où l'économie évolutionnaire peut se révéler utile, c'est dans la perspective radicalement distincte qu'elle propose sur la question cruciale de l'évolution économique et du comportement humain. Elle peut faire office de cadre scientifiquement solide, philosophiquement sensé et empiriquement approprié pour traiter des questions socio-économiques complexes selon des modalités autres que celles qui prévalent dans l'analyse dominante.

En effet, dans la mesure où le modèle économique conventionnel est fortement critiqué par de nombreux spécialistes différents issus de disciplines distinctes et pour des raisons distinctes (dont la présence troublante d'un certain degré d'altruisme dans le comportement humain que les hypothèses conventionnelles n'expliquent pas aisément), les décideurs sont toujours plus désireux de prendre connaissance de perspectives alternatives. C'est tout particulièrement le cas dans les domaines liés à l'environnement où les enjeux possèdent souvent des caractéristiques inhérentes (par exemple la complexité, l'irréversibilité, l'incertitude profonde, etc.) qui remettent en cause des hypothèses économiques fondamentales et rendent par conséquent la théorie économique conventionnelle inappropriée pour régler les problèmes qui se posent. Plus précisément, **les économistes évolutionnaires montrent qu'étant donné que l'économie ne parvient pas à construire une théorie des transitions socio-économiques à long terme, il faut un cadre reposant sur une vision différente de la rationalité individuelle et permettant de prendre en considération des causalités plus riches et plus complexes.**

Veblen a largement contribué au développement d'un tel modèle, qui s'avère tout à fait pertinent pour les sciences du développement durable. En particulier, il a créé un modèle plus réaliste du comportement humain, centré sur les notions d'habitudes et d'apprentissage social. Recourir aux habitudes est sans conteste un moyen assez rationnel de procéder vu les contraintes de la vie quotidienne et la limitation évidente des ressources cognitives. Cette conception alternative visant à la compréhension de la rationalité comportementale contraste totalement avec la conception utilitaire, qui considère que chaque décision économique peut être analysée comme une situation séparée des autres. **L'une des applications de la conception véblénienne est l'importance de la prise en compte des processus de déstabilisation des habitudes avant de proposer aux individus un incitant qui les poussera à prendre des décisions ponctuelles, comme la mise en œuvre d'un investissement énergétiquement efficace et subventionné.** Plus particulièrement, la recherche contemporaine a montré qu'un incitant, comme une subvention énergétique, est traité différemment selon qu'il perturbe les habitudes ou pas (Maréchal, 2010).

Il découle de cette brève évocation de la perspective véblénienne qu'il n'est pas possible d'étudier de façon adéquate les phénomènes économiques sans tenir compte de leur nature historiquement contingente à travers leur dépendance à la trajectoire, ni de leur imbrication avec le contexte dans lequel ils surviennent. Si l'on applique ce double argument à la question de l'évolution des technologies respectueuses de l'environnement, nous sommes inévitablement conduits à admettre que nos économies doivent s'attaquer aux aspects institutionnels et culturels des choix économiques nécessaires pour échapper au verrouillage actuel du système socio-technologique basé sur le carbone (Unruh, 2000 ; 2002 ; Maréchal, 2012).

### 3.4. Au-delà de l'interdisciplinarité : nécessité d'une éthique de la durabilité forte dans le cadre d'une organisation transdisciplinaire du processus de recherche

Les programmes de recherche que nous abordons dans ce chapitre tentent tous de surmonter les insuffisances des modes d'organisation de la recherche scientifique « éthiquement neutres » et « isolés dans leur tour d'ivoire ». Par exemple, le cas de la gestion des inondations du fleuve Mississippi met en lumière la nécessité d'intégrer les orientations éthiques d'une communauté d'intérêts lorsqu'on élabore des scénarios de gestion écologique (voir point 3.2.3). Pour tenir compte de cet enjeu, le service de la vie marine et de la vie sauvage a adopté une conception de l'économie orientée vers la participation et l'écologie. Il a été ainsi mieux en mesure de s'attaquer au problème que s'il s'était appuyé sur les anciennes conceptions pyramidales (de haut en bas) et bureaucratiques basées sur une prétendue neutralité scientifique acquise grâce aux modèles biophysiques.

Nombreux sont les chercheurs qui reconnaissent l'échec des sciences monodisciplinaires et éthiquement neutres lorsqu'il s'agit de relever les défis propres aux systèmes socio-écologiques couplés, comme l'incertitude persistante concernant les résultats futurs et l'enchevêtrement des faits et des orientations éthiques. Comme nous l'avons vu en passant en revue les programmes de recherche ci-dessus, **les chercheurs se sont efforcés d'intégrer les trois dimensions principales des sciences du développement durable afin de passer outre ces échecs.**

#### 3.4.1 Le rôle de l'éthique dans la durabilité forte et de l'implication des parties prenantes dans les sciences du développement durable

La **première dimension, l'interdisciplinarité**, est présente dans tous les programmes de recherche sur le développement durable repris dans le cadre de ce rapport. La plupart d'entre eux ont été développés pour surmonter les échecs persistants des conceptions monodisciplinaires en vigueur. Ces échecs sont désormais bien documentés au sein de la communauté universitaire, comme les échecs spectaculaires engendrés par l'utilisation de modèles monodisciplinaires dans la gestion des Everglades en Floride, l'utilisation persistante, y compris dans les cercles universitaires, de l'indicateur du PIB comme mesure du bien-être humain, ou l'incapacité de tenir compte de la dynamique sociale au-delà des processus au niveau de l'entreprise dans l'analyse des innovations technologiques favorables au développement durable. En réaction à ces échecs, les scientifiques du développement durable, au cours des deux dernières décennies, ont créé des conceptions interdisciplinaires comme l'évaluation multicritères, la modélisation de l'économie écologique ou la gestion de la transition multi-niveaux, entre autres, mieux capables de traiter les paramètres spécifiques des problèmes posés par le développement durable.

Comme nous le montrons tout au long de ce rapport, l'interdisciplinarité, à elle seule, ne permet pas de concrétiser les objectifs des sciences du développement durable. Par exemple, la perte irréversible de ressources naturelles non renouvelables comme des ressources génétiques et des écosystèmes restreint de manière évidente la gamme des actions possibles des générations présentes et futures, restriction qui comporte des **implications éthiques** qui vont au-delà de l'analyse hypothético-déductive de la dynamique socio-écologique complexe. À cet égard, se contenter de créer des programmes de recherche interdisciplinaire, sans cadre explicite pour mettre en œuvre une éthique de la durabilité forte, ne conduira pas nécessairement à la transition attendue vers la durabilité forte. Néanmoins, la nécessité d'intégrer une éthique de la durabilité forte n'implique pas



l'adoption d'une position éthique unique. Il faut plutôt un cadre commun de discussion pour évaluer les arguments disponibles conduisant, par exemple, au choix de certains seuils d'utilisation des ressources naturelles. Les exemples discutés dans cette section sur des efforts déployés en ce sens sont l'intégration dans les études de gestion de la transition des études d'impact environnemental des choix technologiques, tant au niveau régional qu'au niveau mondial (voir point 3.4.1), ou la discussion sur le niveau de solidarité entre les générations actuelles dans le calcul de l'empreinte carbonée autorisée par habitant (voir section 2.1).

Par ailleurs, comme nous l'expliquons dans l'introduction, l'objectif explicite des sciences du développement durable consiste à produire une recherche fondamentale et appliquée qui puisse contribuer à résoudre des problèmes pratiques et orienter les sociétés pendant leur transition vers la durabilité forte. C'est dans ce contexte que les sciences du développement durable ont été appelées les sciences stratégiques ou transformatives. La mise en place de cadres éthiquement justifiés destinés à la recherche interdisciplinaire ne soutiendra efficacement les sociétés dans leur transition vers le développement durable qu'à la condition que ce cadre se traduise par un processus pratique qui concilie les valeurs multiples et les perspectives multiples du point de vue de la définition des problèmes. De nombreux cas soulignent l'incapacité de la recherche sur le développement durable de jeter des ponts entre sciences et société parce que la construction d'un processus de recherche transdisciplinaire fait explicitement défaut. Par exemple, l'approche des systèmes d'innovation ne développe ni une conception transdisciplinaire pour s'attaquer à l'acceptabilité sociale de nouvelles technologies, ni l'apprentissage social sur leur utilisation efficace en vue de créer des comportements plus durables. Cette conception ne parvient donc pas à soutenir une transition sociale élargie vers une production et une consommation durables, même si elle a amélioré notre compréhension des innovations techniques favorables au développement durable au niveau des entreprises (voir point 3.4.1). En revanche, les spécialistes de la théorie de la transition ont créé diverses conceptions analytiques en associant directement des parties prenantes aux voies à emprunter pour garantir la transition technologique. La façon dont les spécialistes de la gestion de la transition ont organisé leur travail en étroite collaboration avec les responsables politiques et les parties prenantes technologiques (utilisateurs et fournisseurs) aux Pays-Bas en est une belle illustration.

Le message principal à retenir du passage en revue de la littérature sur les conceptions du développement durable est donc qu'il est **nécessaire de combiner les trois dimensions de la recherche sur le développement durable**. D'une part, en vertu du but que les sciences du développement durable s'assignent en tant que sciences transformatives, l'interdisciplinarité seule ne suffit pas. Pour atteindre cet objectif de transformation, l'interdisciplinarité doit être combinée avec un cadre éthique orienté explicitement vers la durabilité forte et avec la mise en place d'une organisation transdisciplinaire du processus de recherche. D'autre part, la collaboration transdisciplinaire sans recherche systématiquement interdisciplinaire est également insuffisante. En effet, un processus transdisciplinaire peut permettre de développer des solutions satisfaisantes pour un problème de durabilité, sans qu'il soit possible pour autant de le considérer cette action comme relevant des sciences du développement durable. Citons un exemple de contribution à la durabilité forte mais qui n'a pas été organisé sous la forme d'un programme de recherche pour le développement durable de façon systématiquement interdisciplinaire : le plan pour le développement durable de la ville de Rome, développé avec l'aide de l'école d'architecture de l'Université La Sapienza de Rome. Ce soutien à la recherche a été organisé à travers une approche reposant sur des parties prenantes multiples, mais il n'a pas été conçu comme un effort de recherche

visant à garantir systématiquement le développement durable. Si ce plan constitue sans aucun doute un exemple important du point de vue des solutions possibles, il relève davantage du soutien à la décision ou de la consultation que de la recherche pour le développement durable. Autre exemple, l'Université de Tokyo a également mis en place un partenariat avec les autorités locales en vue de mener une recherche à parties prenantes multiples sur les économies faiblement carbonées. Dans ce cas précis, le programme de recherche comportait à la fois les dimensions de recherche transdisciplinaire et interdisciplinaire, et ce de façon systématique. Nous examinerons de façon plus approfondie le contraste entre ces deux exemples au point 4.4.

### 3.4.2 Recherche sur le développement durable dans le domaine économique

La nécessité de combiner les trois dimensions fondamentales de la recherche sur le développement durable a été analysée de façon plus approfondie dans ce rapport, dans le cas particulier des conceptions interdisciplinaires développées dans le domaine de l'économie. La plupart des chercheurs du domaine économique épousent les conceptions monodisciplinaires conventionnelles héritées du modèle mathématique hypothéco-déductif de la physique newtownienne (Micowski, 1989). Cette conception domine de très loin le mode d'organisation de la recherche et entraîne une séparation nette entre les faits et les orientations éthiques, une attention accrue pour les valeurs quantifiables (valeurs d'usage ou non) et l'expertise ultraspécialisée. Comme dans d'autres domaines scientifiques, ce mode d'action scientifique s'est avéré très productif dans des situations de forte prédictibilité des résultats ou lorsqu'il s'agissait de résoudre des problèmes quantifiables et parfaitement identifiés. En revanche, cette conception monodisciplinaire conventionnelle s'est avérée inefficace pour tenir compte des connexions entre contraintes économiques, limites environnementales de la planète et éthique du développement durable.

Par contre, **la recherche transdisciplinaire sur le développement durable se caractérise par l'accent placé sur un ensemble élargi de valeurs éthiques, au-delà des valeurs d'usage quantifiables que l'on prend en considération dans la recherche monodisciplinaire conventionnelle.** Plus particulièrement, pour aborder la transition vers la durabilité forte, les valeurs non quantifiables comme les valeurs culturelles des services écosystémiques, l'équité intergénérationnelle et les préférences intrinsèques de la nature doivent jouer un rôle tout aussi important dans l'analyse des comportements économiques qui sont écologiquement sains (voir tableau 2.2). Du point de vue méthodologique, cette exigence a conduit des chercheurs à combiner diverses méthodologies qui vont des méthodes quantitatives monétaires et non monétaires à la recherche qualitative et comparative à grande échelle en passant par les méthodologies fondées sur les études de cas. D'un point de vue organisationnel, l'intégration de la perspective éthique a conduit à associer les parties prenantes du développement durable aux choix à faire entre divers scénarios intégrant la finitude de la Terre / des ressources naturelles.

Certaines pratiques bien établies de la recherche sur le développement durable comme l'économie écologique et l'évaluation multi-critères illustrent de façon adéquate ce nouveau mode d'organisation de la recherche en économie. De plus en plus, d'autres programmes de recherche en économie s'attaquent aux enjeux du développement durable sur un mode interdisciplinaire, comme le montre la collaboration entre l'économie comportementale et la psychologie et la sociologie environnementales (Reeson, 2008; Videras et al., 2012 ; Cardenas and Stranlund, 2000) ou l'économie évolutionnaire véblénienne ou la macroéconomie post-keynésienne, évoquées ci-dessus.

Tableau 2.2. Recherche transdisciplinaire sur le développement durable en économie

	Recherche fondamentale conventionnelle non orientée en économie	Recherche transdisciplinaire sur le développement durable en économie
<b>Engagements concernant la finitude des ressources / de la capacité de charge de la planète</b>	Accent sur les valeurs d'usage directes, les valeurs de non-usage n'étant prises en compte dans une métrique commune qu'avec des valeurs d'usage directes	Intégration dans la recherche de valeurs non quantifiables et de non usage (valeurs culturelles, équité intergénérationnelle, préférences intrinsèques)
<b>Approche théorique des systèmes socio-écologiques</b>	Analyse monodisciplinaire, quantitative, du sous-système économique	Recherche interdisciplinaire, recherche avec méthodes multiples combinant de méthodes quantitatives et qualitatives, notamment
<b>Conception pratique de l'interface sciences-société</b>	Conseils « éthiquement neutres » aux responsables politiques, communauté des pairs monodisciplinaire	Contribution des parties prenantes du développement durable dans le processus de recherche ; examen par les pairs élargi ; organisation d'un processus de conciliation/combinaison de diverses orientations éthiques et perspectives sur la définition du problème

**Trois dernières observations** s'imposent pour qualifier cette analyse des conceptions existantes des sciences transformatives pour le développement durable. **Premièrement**, bien que l'analyse de ce rapport se concentre avant tout sur l'économie, les sciences environnementales, et sur les études concernant les rapports entre sciences, sociétés et technologies, la nécessité de conjuguer l'interdisciplinarité avec un cadre éthique guidé par la durabilité forte et avec une organisation transdisciplinaire du processus de recherche est une caractéristique plus générale des sciences du développement durable. **Ces conditions s'appliquent aussi à d'autres disciplines au sein de la recherche sur le développement durable, comme l'anthropologie, la philosophie, la sociologie, l'ingénierie ou les disciplines liées à la santé, entre autres. En effet, ces conditions spécifiques sont liées à la nature des problèmes posés par le développement durable : paramètres d'incertitude forte, perspective à long terme, dynamique couplée de systèmes complexes et enchevêtrement de faits et d'orientations éthiques**, comme nous l'avons souligné au long des sections 2 et 3.

**Deuxièmement**, comme notre analyse l'a montré, les conceptions novatrices des sciences du développement durable **intègrent les trois dimensions clés de la recherche sur le développement**

**durable à des degrés d'intensité divers.** Par exemple, en macroéconomie post-keynésienne, l'accent est davantage placé sur la dimension interdisciplinaire et sur la pertinence sociale des sciences économiques que sur le cadre éthique. Néanmoins, comme nous l'avons vu, les spécialistes de ce domaine ont récemment commencé à intégrer la question de la durabilité forte dans leurs modèles. En revanche, les sciences du système Terre développent une conception systémique complexe et élaborée dans le cadre d'une éthique axée vers la durabilité forte. Mais ce n'est que récemment que les sciences du système Terre se sont ouvertes à la nécessité de veiller à la transdisciplinarité, notamment dans le dernier plan scientifique des partenariats scientifiques mondiaux (Ignaciuk et al., 2012). Les variations des programmes scientifiques pour le développement durable abordés dans ce rapport ont été représentées schématiquement dans le tableau 2.3.

**Tableau 2.3. Mise en œuvre progressive des trois dimensions de la recherche sur le développement durable dans les conceptions des sciences transformatives que nous analysons dans ce rapport**

	Éthique du développement durable	Inter-disciplinarité	Trans-disciplinarité
<b>Conceptions des sciences du développement durable analysées dans ce rapport</b>			
Économie écologique	++	++	++
Évaluation multicritères	++	++	++
Macroéconomie post-keynésienne	+	+++	++
Économie évolutionnaire véblénienne	+	+++	+
Sciences du système terre	++	+++	+
Transition des systèmes socio-technologiques	+	++	++
<b>Autres illustrations provenant de la littérature</b>			
Économie politique des biens communs (Ostrom, 2005 ; Benkler, 2006 ; s'appuyant principalement sur les sciences politiques, l'écologie et l'anthropologie)	++	+++	+
Économie comportementale environnementale (Frey et Jegen, 2001; Richter et van	+	+++	+

Soest, 2012 ; Hudon, 2008) ; s'appuyant principalement sur l'économie, la psychologie environnementale et la sociologie)			
	+ → étape préliminaire ++ → bien développée +++ → pleinement intégrée		

**Troisièmement**, la recherche sur le développement durable continue de buter sur de nombreux **obstacles institutionnels**. Nous aborderons ces obstacles plus en détail dans la section suivante. Par exemple, les possibilités de formation en recherche transdisciplinaire restent rares et l'interdisciplinarité, dans les projets de recherche qui bénéficient de financements, est entravée par l'absence d'une expertise interdisciplinaire au sein des commissions d'évaluation de la recherche. Par conséquent, établir le développement durable comme domaine de recherche à part entière, au même titre que la recherche orientée vers l'industrie ou la recherche fondamentale non orientée, par exemple, nécessitera un apprentissage social graduel et un processus d'institutionnalisation progressif. Pour atteindre cet objectif, il vaudrait la peine de soutenir à la fois des programmes scientifiques exemplaires de développement durable qui mettent déjà pleinement en œuvre chacune des trois dimensions des sciences du développement durable et des recherches émergentes stratégiques pour le développement durable qui intègrent les trois dimensions, mais à un degré moindre. Nous examinerons plus à fond cette question dans la suite du rapport.

## Chapitre 4: Développer des capacités institutionnelles pour les sciences du développement durable

Les partisans des sciences du développement durable au sein des cercles de la recherche et du monde politique sont aujourd'hui confrontés au défi majeur consistant à faire de ce nouveau domaine de recherche une pratique scientifique reconnue pour sa pertinence pour s'attaquer à la crise du développement durable que traverse l'humanité. Malgré le développement des sciences du développement durable, ce défi reste particulièrement ardu parce que ces sciences mènent à deux transformations principales de la pratique scientifique conventionnelle : premièrement, l'adoption d'outils méthodologiques et de l'épistémologie de l'analyse interdisciplinaire des systèmes socio-écologiques et, deuxièmement, l'adoption d'une pratique transdisciplinaire de la recherche visant à surmonter la dichotomie entre sciences et société pour régir la transition en direction du développement durable.

### 4.1. Surmonter l'inertie disciplinaire dans les sciences du développement durable

Etant donné la complexité des problèmes posés par le développement durable, les spécialistes sont confrontés à une tâche cruciale : intégrer les connaissances et les informations de diverses disciplines universitaires, notamment les sciences naturelles, l'ingénierie, les sciences sociales et les sciences humaines. La tendance actuelle, néanmoins, laisse voir un paysage universitaire plutôt composé de pôles séparés constitués par des disciplines individuelles (Kajikawa et al., 2007). Peu d'études ont analysé la pratique effective de l'interdisciplinarité dans les sciences du développement durable. L'une des façons d'analyser cette pratique consiste à examiner les données bibliométriques et à inventorier la pratique interdisciplinaire existante sur la base d'une mesure du modèle « tripartite » du développement durable, qui conçoit le développement comme une combinaison associant croissance économique équitable, bien-être social et base robuste de ressources naturelles (Schoolman et al., 2012). Comme nous le verrons plus loin, ce modèle tripartite doit encore être affiné, notamment en ce qui concerne la façon de concevoir le rôle de la croissance économique au sein du modèle, mais il fournit un excellent point de départ pour évaluer la situation actuelle de la recherche interdisciplinaire en matière de développement durable.

Le 30 avril 2012, l'équipe d'Ethan Schoolman a publié une analyse bibliométrique des articles contenant le mot « développement durable » en titre ou dans le corps du texte parus dans les quelque 16 500 revues, appliquant le principe de l'examen par les pairs, recensées dans la base de données Scopus et publiés entre 1996 et 2009 (Schoolman et al., 2012). Leur analyse avait pour objectif de répondre à trois questions : (i) la recherche sur le développement durable est-elle réellement plus interdisciplinaire que la recherche en général, (ii) dans quelle mesure la recherche axée sur un pilier s'appuie-t-elle sur la recherche provenant des deux autres piliers, et (iii) si certaines disciplines ou certains piliers sont plus interdisciplinaires que d'autres, comment s'explique cette variation (figure 3.3.).

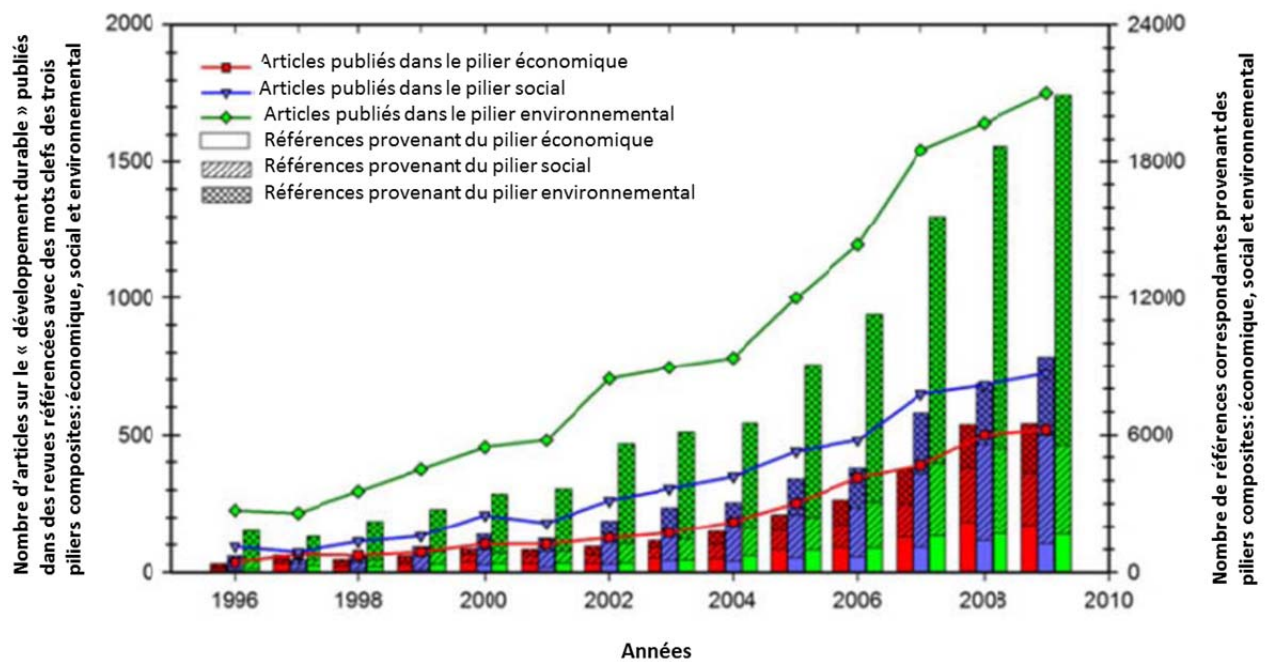


Figure 3.3. Analyse bibliométrique des articles sur la durabilité (i)

(Source : Schoolman et al., 2012).

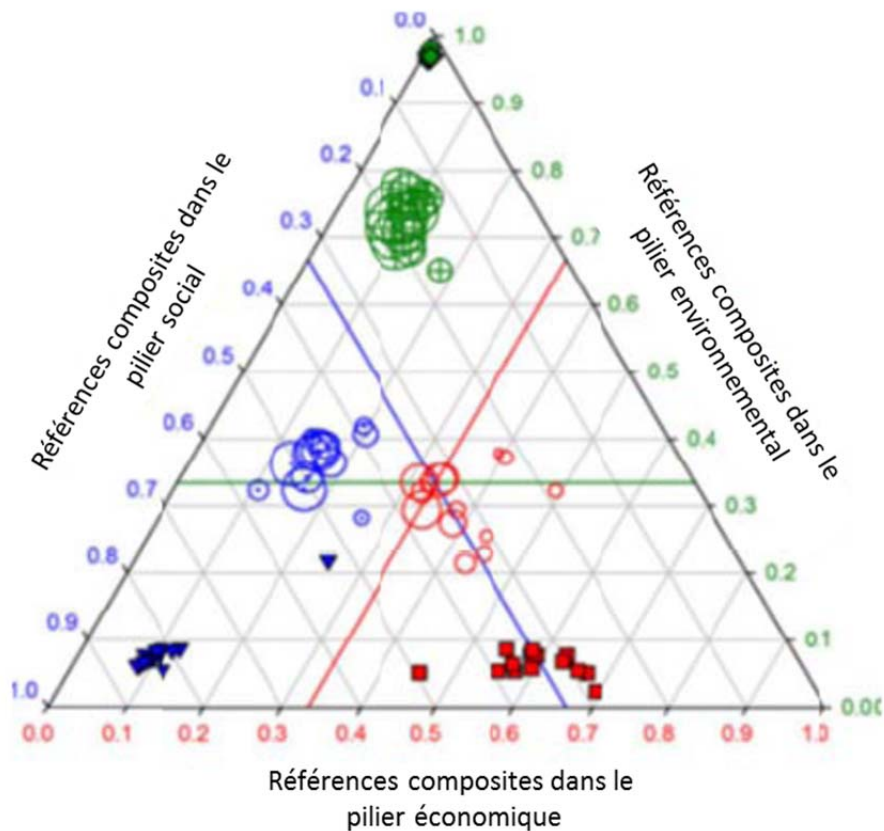
Nombre d'articles (lignes contenant des symboles pleins, axe gauche) et nombre de références correspondantes (barres empilées, axe droit) issues de piliers composites du développement durable : économique (barre de gauche, carrés) ; social (barre centrale, triangles) ; environnemental (barre de droite, losanges). Les hachures indiquent la classification des sources des références.

La figure 3.4. compare les références aux autres piliers dans chacune des disciplines. Le résultat montre clairement que les articles contenant les mots « développement durable » (les cercles) sont davantage interdisciplinaires que la recherche scientifique en général (les symboles pleins). Si nous combinons les deux figures, nous voyons que la plupart des publications sur le « développement durable » relèvent du pilier environnemental, mais que les articles publiés dans les revues environnementales ont beaucoup plus tendance à être monodisciplinaires (les cercles barrés dans le haut de la figure 3.4) que les articles publiés dans les revues sociales et économiques (les autres cercles dans la figure 3.4).

Ces résultats nous enseignent que si les sciences du développement durable se révèlent largement plus interdisciplinaires que d'autres domaines scientifiques, elles ne répondent pas aux attentes inhérentes au modèle tripartite. Le pilier où les articles publiés sur le développement durable sont les moins nombreux – l'économie – est aussi le plus intégrateur, tandis que le pilier où les articles sont les plus nombreux – les sciences environnementales – est celui qui interagit le moins avec les disciplines extérieures. L'analyse approfondie de ces résultats par Schoolman et son équipe révèle que l'interdisciplinarité génère un coût : la recherche sur le développement durable en économie et dans les sciences sociales est centrée autour d'un nombre relativement restreint de revues interdisciplinaires qui, bien qu'en augmentation, ont perdu de leur attrait dans le temps par rapport à l'augmentation du nombre de revues monodisciplinaires (Schoolman et al., p. 77). Près de 70 % des articles sur le développement durable dans le pilier économique et 68 % de ceux du pilier social proviennent de revues de la base de données Scopus qui sont également recensées dans au moins



un autre pilier. Toutefois, si les publications sur le développement durable en économie et dans les sciences sociales sont centrées autour d'un petit nombre de revues recensées dans plusieurs piliers (alors que la majorité des revues reprises dans la base de données ne le sont pas, et qu'elles sont donc monodisciplinaires), il est possible que l'intérêt pour les sciences du développement durable éprouve des difficultés à dépasser ces revues en question et à toucher un public plus large.



**Figure 3.4 Analyse bibliométrique des articles sur la durabilité (ii)**

(Source : Schoolman et al., 2012).

Références à la recherche dans d'autres piliers de la recherche sur le développement durable. Moyennes annuelles des articles sur le « développement durable » (cercles creux) et des articles de « référence » (symboles pleins) dans chaque pilier : économique (cercles vides et carrés pleins) ; social (cercles en point et triangles pleins) ; environnemental (cercles barrés et losanges).

Comme l'indiquent Schoolman et al. (2012, p. 78), les résultats de cette étude cadrent avec l'idée selon laquelle l'inertie disciplinaire et les obstacles institutionnels ont eu des répercussions sur la structure des sciences du développement durable. Là où la recherche sur le développement durable peut compter sur le public le plus large – dans les sciences environnementales –, les mesures incitant à établir des connexions entre différents « piliers » de la connaissance – comme les analyses sociales et économiques – ont de fortes chances d'être réduites et nous voyons que peu de connexions de ce type sont effectivement réalisées. Là où le nombre de publications sur le développement durable reste relativement limité – en économie et dans les sciences sociales –, les chercheurs ont de fortes raisons d'établir des connexions avec des spécialistes d'autres universités. En revanche, la nature

relativement insulaire des travaux interdisciplinaires sur le développement durable dans ces deux derniers piliers les empêche de toucher un public plus large.

Ces conclusions suggèrent que pour que les sciences du développement durable puissent être à la hauteur de leurs exigences en matière de recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire, les chercheurs doivent être plus fortement incités à s'inspirer d'autres domaines que le leur. Pour s'attaquer aux problèmes complexes du développement durable, il faut donc développer des stratégies pratiques afin d'intégrer les caractéristiques fondamentales de l'interdisciplinarité et de la transdisciplinarité dans l'environnement de recherche existant et pour surmonter les obstacles institutionnels et organisationnels qui empêchent d'atteindre cet objectif.

## 4.2 Principaux obstacles institutionnels au développement des sciences du développement durable

Les spécialistes ont identifié un ensemble d'obstacles institutionnels à surmonter pour faire des sciences du développement durable une pratique de recherche scientifique reconnue à égalité avec d'autres programmes de recherche bénéficiant d'une plus grande reconnaissance et portant sur des questions opérationnelles pertinentes du point de vue social comme l'ingénierie et la médecine (ce qu'il est convenu d'appeler la recherche « pertinente », voir Commission européenne, 2009, p. 12). Il s'agit de poursuivre le développement de méthodologies interdisciplinaires englobant les sciences sociales et environnementales, comme illustré au chapitre 3, de transformer les structures institutionnelles (comme les incitants à la recherche et les systèmes récompensant la carrière) (Van der Leeuw et al., 2012), d'initier une collaboration avec les parties prenantes extérieures au monde académique (Yarime, 2011) et de développer un ensemble cohérent de compétences et de conceptions pédagogiques efficaces à propos du développement durable (Wiek, Withycombe et Redman, 2011).

Autre point qui sous-tend plusieurs des obstacles institutionnels, organisationnels et pédagogiques, la conviction, répandue chez certains scientifiques et responsables de la politique scientifique et d'organismes de financement, que l'adoption d'une attitude orientée vers la recherche programmatique, ce que l'on appelle la pratique d'une « science pertinente » revient à aller au-delà des limites des sciences (Jaeger 2009). En effet, les scientifiques du développement durable ne se contentent pas d'analyser des problèmes et de discuter de solutions éventuelles, ils s'occupent aussi de la mise en œuvre des mesures qui doivent régler les problèmes en question en collaboration avec les parties prenantes principales, et assument un rôle de participant actif du point de vue de l'intérêt normatif des questions de durabilité forte (Jaeger, 2011, p. 196). Toutefois, **il est rare que des institutions universitaires ou d'autres instituts de recherche accordent du crédit à ce type d'effort de recherche transdisciplinaire envisagé par les sciences du développement durable.**

**La procédure d'évaluation de la recherche existante constitue le second obstacle.** Elle ne soutient généralement pas les types de processus d'apprentissage ouverts, itératifs et adaptatifs propres aux sciences du développement durable (Weaver et Jansen, 2004). En tant que sciences orientées vers la pratique et la construction de normes, les sciences du développement durable ne sont pas en mesure de déterminer un objectif précis *ex ante* parce que le problème à résoudre doit d'abord faire l'objet d'un accord avec les autres parties prenantes et qu'il importe de préciser les orientations

éthiques pendant le processus de recherche avec ces autres partenaires de recherche (voir notre discussion de l'indicateur relatif à l'empreinte écologique au chapitre 1). En d'autres mots, les sciences du développement durable « recherchent un objectif » et ne sont pas « orientées vers un objectif » pré-déterminé (Weaver et Rotmans, 2006). En outre, l'évaluation externe est souvent inappropriée pour juger de la gestion adaptative explicitement intégrée dans les projets et limite les possibilités d'apprentissage adaptatif grâce aux solutions et aux échecs auparavant rencontrés (Jaeger, 2011, p. 196; Ostrom et al., 2007).

De plus, comme l'a affirmé Susanne Lohmann (2007), les procédures d'évaluation des manuscrits, des demandes de bourses et des demandes de fonctions et de promotions universitaires sont fortement favorables à la spécialisation. Toutes ces formes de gestion des carrières sont basées sur l'évaluation par les pairs monodisciplinaire. Comme le note Lohmann, l'examen par les pairs signifie généralement que le travail d'un spécialiste sera évalué par d'autres spécialistes au moyen de la même méthode, de la même expertise du domaine et/ou de préoccupations de fond identiques ou similaires. Les spécialistes qui deviennent actifs dans des méthodes ou des disciplines multiples, dans un contexte de recherche transdisciplinaire, seront très probablement évalués par des spécialistes disciplinaires plutôt que par d'autres praticiens de méthodes multiples ou de la recherche transdisciplinaire. Au cours de ce processus, soutient Lohmann, il est peu probable que les évaluateurs comprennent totalement toutes les méthodes, le raisonnement conduisant à la combinaison des méthodes ou les défis associés à la recherche basée sur des méthodes multiples. En effet, les spécialistes ont tendance à négliger les résultats de méthodes qui ne leur sont pas familières, les références à des travaux menés dans d'autres domaines, les publications dans des revues extérieures à leur propre discipline et les publications interdisciplinaires.

**Le troisième obstacle majeur tient à l'absence de conceptions pédagogiques orientées vers les problèmes et encourageant l'apprentissage par l'expérience dans des contextes où les parties prenantes sont multiples.** L'acquisition de compétences cruciales pour les sciences du développement durable (Wiek et al., 2011) comme les « compétences stratégiques » – la capacité de concevoir et de mettre en œuvre collectivement des stratégies de gouvernance transformatives pour le développement durable – et les « compétences normatives » – l'aptitude à délimiter et à négocier collectivement des orientations éthiques, des principes et des objectifs liés au développement durable – ne fait clairement pas partie des exigences à remplir dans le curriculum scientifique habituel. D'autres compétences fondamentales comme la pensée des systèmes complexes et l'élaboration de scénarios orientés vers le futur à long terme n'ont été intégrées que dans une mesure limitée au sein de la formation universitaire. Compte tenu des caractéristiques principales des sciences du développement durable, il semblerait raisonnable que les étudiants acquièrent une expertise approfondie dans une ou deux compétences fondamentales et des connaissances solides dans les autres.

Comme l'ont montré Amy Poteete et ses collaborateurs (Poteete, Janssen et Ostrom, 2010, p. 19), les exigences de formation des sciences du développement durable contrastent avec les programmes intensifs de formation méthodologique et d'enseignement au niveau universitaire et postuniversitaire. La formation aux méthodes quantitatives a été une composante habituelle des programmes d'études universitaires en économie, en sciences politiques et en sociologie tout au long de l'après-guerre. De même, les possibilités de compléter des formations internes par une formation intensive à des méthodes quantitatives plus spécialisées sont présentes depuis des

décennies. En comparaison, les options permettant de se former aux méthodes interdisciplinaires quantitatives et qualitatives sont restées rares jusqu'à récemment. Même si les possibilités se multiplient, les étudiants et les chercheurs intéressés par la recherche interdisciplinaire basée sur des méthodes multiples éprouvent encore des difficultés à acquérir une formation dans les méthodes non quantitatives (Siegel et al., 2007).

**Dernier obstacle** pour le champ des sciences du développement durable, **l'absence de mécanismes appropriés pour organiser la participation de communautés et de groupes de parties prenantes légitimes** (van der Leeuw et al., 2012, p.118). Il est souvent difficile de prendre contact et d'impliquer les communautés concernées à cause de la langue, des différences culturelles, de l'insuffisance de l'expertise, du manque d'empathie et de temps. Même quand les bonnes personnes se trouvent réunies dans la même pièce, trouver un accord sur les personnes, les langues et les cultures peut être extrêmement ardu. De même, les différences de pouvoir entre les parties prenantes et le degré confiance placée dans le processus peuvent restreindre la participation même si les personnes sont effectivement présentes (van der Leeuw, et al., 2012). Ces tensions entre expertise scientifique et non scientifique peuvent provenir du fait que les universitaires n'ont que peu d'expérience dans le pilotage de projets de recherche participatifs. Quoi qu'il en soit, ces lacunes ont beaucoup plus de chances de se produire lorsque la pédagogie de l'enseignement supérieur ne forme pas les étudiants à l'apprentissage par l'expérience dans les contextes où les parties prenantes sont multiples. Dans le système actuel, les récompenses institutionnelles destinées aux chercheurs sont attribuée en fonction de la publication d'article dans des revues à impact élevé où la recherche orientée vers l'action n'est pas convenablement représentée, et les projets de recherche universitaire ne sont que rarement adaptés à la relation à long terme et au renforcement des capacités requis pour un engagement participatif et un changement transformatif efficace.

**La plupart des éléments qui font obstacle à un développement consolidé des sciences du développement durable ne seront pas levés sans changements institutionnels majeurs** (Jaeger, 2011, p. 197). Première, il faut des changements dans le système éducatif pour renforcer les compétences centrales des sciences du développement durable ; deuxièmement, il importe d'élargir et d'approfondir la collaboration et la mise en réseau avec les parties prenantes au sein de la société autour d'objectifs de durabilité communs ; troisièmement, les institutions existantes qui soutiennent la science et la technologie dans la structure de gouvernance actuelle de la connaissance doivent faire l'objet d'ajustements majeurs pour améliorer le lien entre sciences, politique et société. Les sections suivantes passent brièvement en revue chacune de ces trois tâches destinées à renforcer les capacités institutionnelles des sciences du développement durable.

#### **4.2.1 Incorporer le développement durable dans les établissements d'enseignement supérieur**

Alors qu'ils s'efforcent de déployer les sciences du développement durable dans les universités et dans les organismes de recherche fondamentale, les spécialistes et les responsables politiques ont à gérer le processus complexe qui consiste à institutionnaliser un domaine scientifique. Ce processus englobe la création de programmes d'éducation et de recherche, la fondation de sociétés et d'associations universitaires ainsi que la création de revues et d'ouvrages scientifiques (Ben-David, 1971). Parmi tous ces enjeux, le plus important est probablement celui qui tient à la **transformation des missions fondamentales de la recherche universitaire moderne**. L'intégration de la recherche

dans les activités principales de l'université moderne au XIX<sup>e</sup> siècle a été l'une des premières grandes transformations des établissements de l'enseignement supérieur. Au XX<sup>e</sup> siècle, la capitalisation des connaissances scientifiques au service de l'économie au sein de ce qu'il a été convenu d'appeler l'« université des entrepreneurs » a entraîné une deuxième transformation majeure. Désormais, les nouveaux modes d'organisation de la recherche appelés par la transition vers le développement durable pourraient bien entraîner une troisième transformation majeure, que certains ont déjà baptisée la « **troisième révolution universitaire** ». Cette troisième transformation placera l'accent sur le développement durable des communautés locales et régionales en collaboration avec les grandes universités actives dans la recherche ainsi que sur la promotion de transitions socio-technologiques plus larges orientées vers la durabilité au sens fort (Yarime, 2012, p. 109).

Au sein de l'enseignement supérieur moderne, tant le système actuel d'incitants et de récompenses de la recherche universitaire que le mode de collaboration en place entre l'université et le secteur privé, au service des besoins des industries, demeurent parfaitement en place et restent des avantages sociaux bien établis. En revanche, ces systèmes sont tout à fait insuffisants pour mettre en œuvre le type de collaborations impliquant des intervenants multiples requises pour résoudre des questions de développement durable compliquées et interconnectées.

Le concept du développement durable a été introduit en 1975 dans les systèmes d'enseignement supérieur à un niveau international par le programme international d'éducation relative à l'environnement (UNESCO-PNUE), administré conjointement par l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (UNESCO, 1984). Depuis lors, un certain nombre de déclarations nationales et internationales relatives à l'intégration des questions de durabilité au sein des établissements d'enseignement supérieur ont été élaborées (Wright, 2004; Yarime et al., 2012). **La déclaration de Talloires de 1990 (Association des présidents d'université pour le développement durable, 2011) a été la première déclaration officielle de présidents et de recteurs d'université concernant un engagement de l'enseignement supérieur en faveur du développement durable. Cette déclaration a proposé un plan d'action visant à incorporer le développement durable dans l'enseignement, la recherche, les opérations et les relations avec les pairs et les universités (ULSF, 1990).** Elle a été bien vite suivie de la déclaration de Swansea, adoptée en conclusion de la Quinzième conférence quinquennale de l'Association des universités du Commonwealth en 1993.

En Europe, le « programme de coopération en Europe pour la recherche sur la nature et l'industrie à travers des études universitaires coordonnées » (COPERNICUS) a été l'une des premières initiatives dans ce domaine. Créé par la Conférence des recteurs européens (CRE), ce programme a se propose d'encourager une meilleure compréhension de l'interaction entre l'homme et l'environnement et de collaborer sur des questions communes liées à l'environnement. Dans ce contexte, la **Conférence des recteurs a créé la Charte pour le développement durable CRE COPERNICUS en 1994** et co-organisé la conférence COPERNICUS tenue lors du Sommet mondial sur le développement durable Rio+10, qui a conduit à la déclaration de Lüneburg relative à l'enseignement supérieur pour le développement durable en 2001.

Enfin, au niveau mondial, la **déclaration Ubuntu relative à l'éducation, à la science et à la technologie pour le développement durable, en 2002**, a été une autre déclaration importante au cours de cette période d'incubation des sciences du développement durable. Ses signataires sont de

grands établissements universitaires comme l'Université des Nations unies (UNU), l'Association internationale des universités, l'Académie des sciences du tiers monde, l'Académie africaine des sciences et le Conseil des sciences de l'Asie ainsi que le Conseil international pour la science, entre autres.

Un éventail de **programmes éducatifs avancés** ont été mis en place pour intégrer le développement durable au sein des établissements d'enseignement supérieur depuis les grandes déclarations élaborées dans les années 1990. Le **programme d'études sur les sciences du développement durable de la *Graduate School of Frontier Sciences* à l'Université de Tokyo** est dispensé depuis 2007. Il est à présent bien établi et se concentre sur l'enseignement transdisciplinaire dans les questions complexes de durabilité (Onuki et Mino, 2009). Au cœur de ce programme, nous trouvons l'enseignement de conceptions intégrées et holistiques ainsi que l'analyse d'expériences tirées d'études de cas, qui doit permettre l'apprentissage des aptitudes nécessaires pour appliquer ces conceptions à de grands enjeux du développement durable. À travers ces multiples études de cas, les étudiants acquièrent des compétences comme la pensée systémique, les compétences de facilitation et de négociation nécessaires pour trouver des consensus, et la compréhension et l'appréciation de la diversité culturelle. Grâce à ces études de cas, les étudiants sont appelés à réviser et à reformuler les problèmes et à acquérir une compréhension globale des suppositions implicites qui leur ont été soumises dans la formulation du problème original.

L'une des caractéristiques principales du programme réside dans sa **collaboration avec des responsables politiques et des parties prenantes à l'extérieur des facultés de l'Université de Tokyo**. Par exemple, grâce à l'implication de la *Graduate School* dans le projet pour une *Bright Low Carbon Society* (une société à faibles émissions de carbone, NDT), pour assurer un développement sobre en carbone de la ville de Kashiwa, les étudiants de divers cycles d'études supérieures participent activement à des expériences sociales multiples menées par chaque groupe de recherche (Onuki et Mino, 2009). Ils font ainsi l'apprentissage de conceptions transdisciplinaires leur permettant de résoudre des problèmes imbriqués qui nécessitent des solutions techniques, une action collective et l'établissement d'orientations éthiques ouvertes. Comme toutes sortes de parties prenantes de la société sont associées à ces expériences sociales, les étudiants apprennent aussi comment communiquer efficacement avec des gens et des organisations qui ne partagent pas ou ne comprennent pas forcément leurs terminologies ou leurs sensibilités universitaires. Ce rôle éducatif est ensuite étendu à la communauté et à toutes les parties prenantes impliquées, toutes étant en mesure de suivre et de s'approprier les résultats grâce à des conférences publiques annuelles, à la littérature grise et aux revues universitaires.

Des projets de recherche extra-universitaire collaboratifs et participatifs sur le développement durable ont été créés dans de nombreux établissements d'enseignement supérieur à travers le monde. Bien que ce modèle de réforme des établissements d'enseignement supérieur en soit encore à sa phase initiale, ces programmes laissent cependant entrevoir le développement de stratégies prometteuses pour intégrer les questions de durabilité dans l'enseignement supérieur à travers l'apprentissage par l'expérience, basé sur des méthodologies d'études de cas approfondies ainsi que sur la collaboration et la mise en réseau avec des parties prenantes extérieures. En outre, l'offre de formation intensive aux méthodes qualitatives et à la recherche selon des méthodes multiples s'est élargie au cours de la dernière décennie (cf. Poteete et al., 2010, p. 19). Par exemple, le Consortium sur les méthodes de recherche qualitatives organise chaque année un stage intensif sur la recherche



qualitative et basée sur des méthodes multiples. La Fondation nationale pour la science (États-Unis) a soutenu des programmes de formation méthodologique pour les sciences sociales, y compris des stages d'été d'un mois comme le programme intitulé « implications empiriques des modèles théoriques », qui dispense une formation sur les manières de combiner des méthodes quantitatives multiples au sein d'un programme de recherche unique (Granato, Lo, et Wong, 2010a, 2010b). Parmi les possibilités d'acquérir des compétences de recherche qualitative plus spécialisée, citons l'école d'été en méthodes et techniques proposée par le Consortium européen pour la recherche politique et, aux États-Unis, par le Consortium interuniversitaire pour la recherche politique et sociale.

Cela étant, dans l'ensemble, les progrès observés sur les campus ont été plutôt lents (Velazquez, Munguia et Sanchez, 2005). La lenteur de cette évolution vers l'intégration du développement durable dans l'enseignement supérieur est notamment due aux **systemes d'évaluation universitaires conventionnels qui ne tiennent pas vraiment compte des perspectives du développement durable dans leurs méthodologies** (Yarime et al., 2012, p.104). À l'heure actuelle, les systèmes d'enseignement supérieur sont soumis à une forte pression car ils doivent **figurer dans les indices de citation et dans les statistiques sur les transferts de technologie, des instruments qui ne fournissent qu'une image partielle du rôle social joué par les universités, en particulier si elles investissent dans la recherche extra-universitaire collaborative et participative sur le développement durable. Par conséquent, s'ils étaient modifiés de façon appropriée, les systèmes d'évaluation pourraient devenir un puissant facteur d'intégration** de la recherche sur le développement durable au sein des établissements d'enseignement supérieur (Fadeeva et Mochizuki, 2010).

Pour obtenir des impacts de grande portée, les administrateurs de la recherche et les responsables de la politique scientifique devraient concevoir et appliquer de façon intégrée des évaluations sur le développement durable des établissements d'enseignement supérieur (Yarime et al., 2012, p. 104). Les systèmes d'évaluation du développement durable des établissements d'enseignement mesurent généralement des éléments divers comme la consommation d'énergie, d'eau et d'autres matières, l'éducation en matière de développement durable, qui fait office de fonction centrale à côté de l'incorporation des questions de développement durable dans l'enseignement, la recherche et les services, ainsi que les actions entre établissements (Shriberg, 2002). En revanche, la plupart des systèmes d'évaluation existants adressent de façon séparée les aspects liés à l'éducation, à la recherche et à la renommée ou à l'extension des sphères d'influences. Afin d'encourager les établissements d'enseignement supérieur à évoluer de façon plus efficace et plus cohérente en direction du développement durable, les **systemes d'évaluation universitaires doivent fournir une mesure holistique qui englobe la création de programmes universitaires basés sur l'apprentissage par l'expérience, l'institutionnalisation de communautés et de réseaux de recherche sur le développement durable et la collaboration avec des parties prenantes extérieures associées à des projets sur le développement durable** (Yarime et al., 2012, p. 104).

#### 4.2.2 Renforcer la communauté des sciences du développement durable

Comme en témoigne l'acceptation et la signature des principales déclarations internationales, la communauté de la recherche et de la politique scientifique fait montre d'un intérêt croissant pour les questions liées au développement durable, que ce soit du point de vue de la recherche ou de celui de



l'éducation. Par contre, **la communauté qui se trouve activement impliquée dans les sciences du développement durable est fortement fragmentée** (Jaeger, 2011, p. 192). À l'exception de certaines grandes initiatives que nous citons plus bas, les communautés et les réseaux de scientifiques se consacrant au développement durable qui existent effectivement sont souvent orientées vers des sujets spécifiques comme le changement climatique, le développement, la gestion de l'eau, la biodiversité, etc. Parmi les principaux exemples de ces communautés organisées par « sujet » à l'échelle mondiale, il y a les partenariats scientifiques sur le système terre pour l'étude intégrée du système Terre, que nous avons abordé au point 3.2.3, l'Alliance de la résilience, qui comprend des scientifiques et des praticiens qui collaborent aux fins d'explorer la dynamique des systèmes socio-écologiques ([www.resalliance.org](http://www.resalliance.org)) et la Société pour l'évaluation intégrée (<http://www.tias.uni-osnabrueck.de/tias.php>) qui œuvre au développement et à l'utilisation de l'évaluation intégrée. Malgré l'importance de ces initiatives et du caractère bien souvent fondateur de leurs contributions aux sciences du développement durable, elles se comptent pourtant sur les doigts de la main et fonctionnent en l'absence de liens entre les communautés scientifiques participantes (quelques cas particuliers mis à part).

**Plusieurs initiatives ont été lancées pour mettre un terme à cette fragmentation relative.** Les plus importantes d'entre elles sont des réseaux mondiaux qui réunissent de grands instituts de recherche universitaires et un ensemble de partenaires de recherche non universitaire (Yarime et al., 2012, p. 108). Parmi les réseaux qui ont eu de l'importance sur le plan historique, citons **l'Alliance pour le développement durable mondial** créée en 1997 par quatre universités techniques (l'Université de Tokyo, le MIT, l'Institut fédéral suisse de technologie et la Chalmers University of Technology) dans le but de lancer des projets de recherche sur le développement durable conjointement sponsorisés (voir encadré 4.3 ci-après), le réseau des universités japonaises initié par l'Université de Tokyo en 2005 (le **système de recherche intégrée pour les sciences du développement durable**), qui a fondé la revue *Sustainability Science* en partenariat avec l'Université des Nations unies, et le **Réseau international pour les sciences du développement durable**, en 2009, qui organise la Conférence internationale sur les sciences du développement durable, dont la troisième édition s'est tenue en février 2012.

En Europe, le **European Sustainability Science Group (ESSG)** constitue un premier pas en direction de la création d'une communauté élargie. Comme l'a affirmé Jill Jaeger, les individus et les établissements qui forment l'ESSG sont «un bon point de départ», mais le groupe est actuellement trop restreint pour représenter pleinement les sciences du développement durable (Jaeger, 2011, p. 192). Parallèlement, au niveau national, d'importants programmes et réseaux de recherche ont été créés qui ont attiré l'attention dans l'ensemble de l'UE comme le **Sustainability Transitions Network (KSI) aux Pays-Bas** ou le **réseau pour la recherche transdisciplinaire au sein des Académies suisses des sciences**. Plus récemment, la communauté de recherche sur les transitions en Europe a créé un nouveau réseau, le **Sustainability Transitions Research Network (STRN)** dont l'objectif est de soutenir la nouvelle communauté de chercheurs par l'organisation de conférences de grande envergure, des cours et des programmes universitaires ainsi que des publications. Comme l'affirment ses initiateurs, la logique de ce nouveau réseau consiste bien entendu à surmonter la fragmentation actuelle: « En Europe, de nombreux domaines de recherche comme l'innovation ou la recherche sur la gouvernance disposent d'ores et déjà de réseaux parfaitement établis. En revanche, il manque actuellement un programme et un réseau qui réunisse les chercheurs ayant un intérêt commun pour les transitions vers le développement durable, mais depuis un éventail de domaines de recherche

différents: transformation industrielle, innovation, transitions socio-technologiques; évaluation intégrée; évaluation de la durabilité; gouvernance du développement durable; évaluations politiques; chercheurs travaillant sur la gouvernance réflexive; la communauté de la résilience; la communauté de l'économie écologique; les groupes de modélisateurs en matière d'énergie, d'environnement et de développement durable; ainsi qu'une communauté de base s'occupant des transitions vers le développement durable » ([www.transitionsnetwork.org/about](http://www.transitionsnetwork.org/about)).

Les structures d'incitation et les cadres institutionnels comme les **programmes de maîtrise** et les **conférences internationales** organisées par des réseaux de recherche intégrative et la création de carrières à long terme basées sur les compétences acquises au sein de ces réseaux transversaux sont particulièrement importantes pour assurer la poursuite de l'institutionnalisation du domaine des sciences du développement durable. En développant une mobilité importante et en encourageant la recherche transformative en collaboration avec les parties prenantes, les sciences du développement durable seront capables de créer des opportunités prometteuses pour les jeunes gens non seulement dans les universités, mais aussi dans l'industrie, les entreprises et le secteur public. C'est pourquoi ces arrangements institutionnels émergents auront des implications significatives pour cimenter plus profondément les sciences du développement durable à long terme (Yarime et al., 2012, p. 108).

La promotion de possibilités de recherche au niveau postdoctoral est une étape cruciale dans le développement de carrières à long terme dans le domaine des sciences du développement durable. En effet, comme l'avaient souligné Poteete et al. (2010, p. 260), dans l'idéal, les spécialistes de l'interdisciplinarité doivent posséder une maîtrise parfaite de leur propre méthode et de leur propre discipline, mais ils doivent aussi s'être suffisamment familiarisés avec d'autres méthodes et d'autres disciplines pour pouvoir les aborder. L'une des stratégies de gestion de ce compromis, et que l'on applique depuis longtemps dans les sciences biologiques et physiques, consiste à recourir aux **offres d'emplois postdoctorales** qui permettent aux spécialistes titulaires d'un doctorat de mettre en pratique les compétences de recherche qu'ils ont acquises et d'apprendre de nouvelles compétences tout en participant à un projet interdisciplinaire. Si le financement des centres et des réseaux de recherche interdisciplinaire augmente, nous pourrions assister à une multiplication des possibilités postdoctorales dans les sciences écologiques et sociales ainsi que dans les sciences humaines.

#### 4.2.3 Développer la recherche transdisciplinaire à long terme dans les sciences du développement durable

Il est bien évident que la volonté de grandes universités et d'établissements de recherche renommés de prendre part à des programmes éducatifs et à des réseaux institutionnels novateurs a facilité la reconnaissance des sciences du développement durable. Par ailleurs, plusieurs organismes de financement (comme la Fondation nationale pour la science des États-Unis et la DG Recherche de la Commission européenne, chargée des programmes-cadres pour l'environnement) ont lourdement investi dans la formation et la recherche interdisciplinaire et collaborative sur les systèmes socio-écologiques. Ces activités ont généré une littérature abondante sur diverses conceptions de la recherche – transdisciplinaire, basée sur la communauté, interactive et participative. Par contre, s'il

est vraiment question de concrétiser plus avant l'agenda transformatif des sciences du développement durable, il faudra **promouvoir à une échelle beaucoup plus vaste les collaborations intersectorielles et à parties prenantes multiples dans la recherche sur le développement durable**. En particulier, les chercheurs et les responsables politiques doivent se demander quels types **d'initiatives conjointes et de mises en réseau de scientifiques avec des parties prenantes associées à des projets de durabilité contribueront à accélérer les processus de transition** locaux, régionaux ou mondiaux vers la durabilité, et quel types d'incitants et de politiques sont requis pour promouvoir ce type de collaborations de recherche sur la durabilité à intervenants multiples au sein des établissements d'enseignement supérieur.

Dans *The Third Industrial Revolution*, Jeremy Rifkins donne l'exemple d'un programme transdisciplinaire de grande envergure de ce type qui a conduit la ville de Rome à adopter un plan novateur sur le plan de la durabilité et qui porte sur la politique énergétique de la ville (Rifkin 2011, p. 82-85). Ce programme, que coordonne **l'école d'architecture de l'université La Sapienza**, a donné lieu à un projet de recherche à multiples intervenants. Il était question d'examiner un plan d'action ambitieux destiné à revitaliser le logement dans le centre-ville et à favoriser la création d'emplois en attirant des entreprises de haute technologie actives dans les énergies renouvelables et le logement durable. Le plan d'action avait aussi pour objectif de développer des partenariats avec ces entreprises afin de produire localement de l'énergie à partir de sources renouvelables, de mettre en place des réseaux électriques intelligents connectant l'énergie produite par des privés et enfin de reconnecter la ville aux systèmes locaux de production alimentaire dans les champs abandonnés autour des banlieues pour diminuer l'empreinte écologique créée par les besoins alimentaires de la ville. Ce plan a bénéficié d'un soutien général et est devenu le plan stratégique officiel de la ville de Rome.

La ville de Tokyo a développé une initiative similaire. Les **autorités locales du district de Kashiwa** (Yarime et al., 2012) ont collaboré avec **l'université de Tokyo**. Cette initiative, baptisée *Urban Reformation Program for the Revitalization of a Bright Low Carbon Society* (voir plus haut, point 4.3) a reçu un financement public pendant cinq ans. L'objectif global du projet est de concevoir un projet de communauté à faible émission de carbone et favorable aux aînés dans les environs de Kashiwa et de démontrer sa faisabilité grâce à un ensemble complet d'expériences sociales. La recherche fondamentale et appliquée est menée par six groupes : énergie (développement du chauffage solaire et du conditionnement de l'air), mobilité des aînés (essai de véhicules électriques super-compacts), phytologie clinique (projet d'éducation des aînés pour diminuer les maladies des plantes cultivées), agriculture et aménagement des paysages (promotion de l'agriculture locale et de la production de biomasse), urbanisme (unification du projet, du logement et des services destinés aux aînés) et systèmes d'information (unification et gestion de l'information). Les partenaires de ce projet sont l'université de Tokyo, les autorités locales, un groupe de réflexion, des ONG et des groupes de citoyens. Bien qu'il en soit encore à un stade initial, ce projet montre qu'il est possible de mettre en place des programmes de recherche transdisciplinaires pour soutenir une intervention à parties prenantes multiples dans la société et pour démontrer l'impact de politiques ou de technologies particulières en matière de développement durable.

Les initiatives urbanistiques semblent particulièrement propices à l'initiation des recherches en matière de développement durable. Toutefois, les programmes émergents des sciences du développement durable ne sont pas limités à des processus complexes de transition en zone urbaine

ou au développement de collaborations de recherche avec des parties prenantes à la recherche d'une contribution scientifique élémentaire pour mener à bien des projets de développement durable en phase de planification. **Des projets de recherche transdisciplinaire ont été mis en place sur des questions aussi variées que le développement de systèmes utilisant l'énergie solaire dans des zones rurales en Argentine (Wiek et al., 2012), la mise en œuvre par la communauté d'un système de paiement des services écosystémiques (Weaver, 2011) ou encore l'évaluation interdisciplinaire des contributions de la biologie synthétique au développement durable (Pauwels, 2011),** pour ne citer que celles-là. Le soutien apporté à ces initiatives par les gouvernements régionaux et nationaux ainsi que par les parties prenantes démontre que les établissements d'enseignement supérieur sont de plus en plus appelés à jouer un rôle central dans la collaboration et la mise en réseau entre universités, industries et secteur public afin de prendre en compte les facteurs complexes qui alimentent la crise du développement durable.

Comme nous l'avons mis en évidence dans ce rapport, tant les scientifiques que les responsables politiques font de plus en plus appel à la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire pour régler les questions liées au développement durable. En Allemagne, par exemple, la recherche transdisciplinaire est considérée comme la clé ouvrant au processus de transition énergétique promulgué par le Parlement fédéral allemand à l'été 2011. Si ce nouveau niveau de sensibilisation et d'engagement est une bonne occasion à saisir, il comporte aussi le risque d'un nivellement par le bas de la pratique de la recherche transdisciplinaire. Elle serait alors utilisée comme un remède dans le cadre de n'importe quelle activité soucieuse de régler des problèmes complexes liés au développement durable (Lang et al., 2012, p. 40) sans que l'on ne se penche sur les obstacles institutionnels qu'il faudra nécessairement surmonter pour mettre en place des conceptions transformatives orientées vers des objectifs donnés, itératives et intégratives propres à régler les questions complexes de la durabilité. Comme le montrent à la fois ce rapport et les spécialistes du développement durable les plus renommés, pour qu'il soit possible de répondre aux immenses attentes placées dans la recherche transdisciplinaire sur le développement durable, il sera nécessaire de procéder à des changements structurels au niveau de l'organisation et du financement de la recherche afin de développer les capacités transdisciplinaires des étudiants et des chercheurs, mais aussi des parties prenantes et des décideurs qui ne font pas partie du monde universitaire.

### 4.3. Un programme de réforme institutionnelle pour les sciences du développement durable

**Atteindre l'objectif d'une institutionnalisation à part entière des sciences du développement durable nécessitera des efforts et des actions à de nombreux échelons de l'intervention politique.**

Cette situation est comparable à celle qui vit l'émergence, vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, de départements de recherche appliquée dans les universités des États-Unis et d'Europe, sur le modèle du Massachusetts Institute of Technology (MIT) (voir point 4.2 ci-dessus). En organisant la recherche appliquée au sein de l'université, les chercheurs ont ajouté une nouvelle composante à ses missions existantes, qui se concentraient à l'époque sur la recherche élémentaire (sur le modèle de l'Université Humboldt) et sur l'enseignement (suivant le modèle des premières universités européennes). De la même manière, le déploiement d'une recherche transformative et transdisciplinaire pour le développement durable nécessitera l'ajout de nouvelles composantes à la recherche universitaire basées sur un processus graduel d'expérimentation et de transformation.

La **perspective d'un processus de changement graduel** s'inscrit parfaitement dans la conclusion de notre passage en revue des programmes scientifiques pour le développement durable qui sont soit prometteurs, soit bien établis. Comme nous l'avons vu dans cette section, les divers programmes de recherche sur le développement durable intègrent à des degrés d'intensité divers les trois dimensions que sont l'éthique de la durabilité, l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité. Par exemple, certains de ces programmes de recherche comme la conception du changement socio-technologique sont davantage orientés vers la résolution de problèmes et organisés à travers un processus transdisciplinaire. D'autres, comme les sciences du système Terre, sont plus orientés vers l'interdisciplinarité. Si les trois dimensions sont clairement présentes dans ces deux programmes, certaines de ces dimensions sont plus ou moins développées dans chacun d'entre eux.

Les spécialistes du développement durable ont introduit une distinction entre la recherche stratégique pour le développement durable et la recherche sur le développement durable (Jaeger, 2011, p. 187), moyen pratique d'exprimer la variabilité entre l'accent transdisciplinaire et l'accent interdisciplinaire. **La recherche stratégique pour le développement durable** désigne les aides à la recherche pour le développement durable comme les connaissances en ingénierie ou les connaissances spécialisées qui contribuent à résoudre des problèmes de durabilité sur le plan pratique. Si ces aides à la recherche intègrent fort à propos la durabilité forte et une modélisation interdisciplinaire systématique de la dynamique des systèmes socio-écologiques couplés, la recherche stratégique peut alors être considérée comme une contribution d'un premier type aux sciences du développement durable. **Le second type, la recherche sur le développement durable**, fait généralement référence au type de **programmes de recherche interdisciplinaire pleinement développés** dont il est question tout au long de ce rapport. L'accent de ce second type est surtout placé sur l'amélioration de notre compréhension des interactions entre systèmes économique, socio-technologique et écologique. Cependant, comme nous l'avons affirmé tout au long du rapport, les programmes de recherche sur le développement durable, dans la mesure où leur objectif est de contribuer à une science transformative, doivent aussi développer explicitement un cadre pour une éthique de la durabilité forte et organiser un processus pratique pour concilier/combiner une pluralité de valeurs éthiques et des définitions de problèmes qui jouent un rôle dans contexte social de la recherche.

Les défis et les obstacles institutionnels évoqués ci-dessus ajoutent une couche supplémentaire de variations à ces deux types principaux. En effet, tant la recherche stratégique pour le développement durable que la recherche sur la durabilité sont encore construites sur une base ad hoc et temporaire. Par conséquent, ces deux modalités d'organisation de la recherche sur le développement durable ne prennent pas en considération l'institutionnalisation à long terme de la recherche sur le développement durable. Cette dernière porte surtout sur les questions que sont les perspectives de carrière, la formation de troisième cycle, la mise en réseau et le renforcement des capacités pour des partenariats à parties prenantes multiples. Il semble donc pertinent de pratiquer une distinction entre les **programmes de recherche institutionnalisés à parti entière** portant sur le développement durable, d'une part, et les deux autres types, d'autre part. Nous avons représenté schématiquement la distinction entre les trois modalités d'organisation de la recherche sur le développement durable dans le tableau 3.1.

**Tableau 3.1. Changement graduel en direction d'une recherche sur le développement durable pleinement institutionnalisée**

	Éthique du développement durable	Inter-disciplinarité	Trans-disciplinarité	Exemple de prototypes
Recherche stratégique pour le développement durable	+	+	++	Conceptions transdisciplinaires des politiques relatives au paiement des services écosystémiques (Weaver, 2011).
Programmes de recherche sur la durabilité	+ / ++	++ / +++	+	Joint Program on Global Environmental Change and Food Systems (Ignaciuk et al., 2012), voir point 3.2
Recherche sur la durabilité pleinement institutionnalisée	+++	+++	+++	Université de Tokyo (Yarime et al., 2012 ; Onuki et Mino, 2009), voir point 4
	+ → premiers stades ++ → bien développé +++ → pleinement intégré			

Le cas le plus avancé de recherche institutionnalisée en matière de durabilité discuté dans ce rapport est le programme d'études en sciences du développement durable de la *Graduate School of Frontier Sciences* de l'Université de Tokyo (voir sections 4.2, 4.3 et 4.4). Cette école propose une formation transdisciplinaire sur des questions de durabilité complexes, combinant cours techniques et analyses d'études de cas. Parallèlement, l'école a établi un partenariat de recherche avec les autorités locales du district de la ville de Kashiwa afin de mener à bien une recherche sur des réformes urbaines permettant le développement de communautés à faible intensité carbonique. Ce programme de recherche englobe des pôles de recherche sur l'énergie, la mobilité, l'agriculture et les systèmes d'information, entre autres. Ce programme est conduit conjointement avec une série d'expériences

sociales au sein des communautés locales. Les étudiants du programme d'études participent également à l'un des pôles de recherche et acquièrent des compétences de recherche liées à l'une des expériences sociales. En outre, en 2005, l'Université de Tokyo a créé la revue *Sustainability Science* en collaboration avec l'Université des Nations unies ainsi que le réseau international pour les sciences du développement durable (International Network for Sustainability Science) en 2009, qui organise annuellement la Conférence internationale sur les sciences du développement durable dans l'une des universités partenaires.

En Europe, les responsables de la politique scientifique ont créé de grands programmes de recherche au niveau national comme le Sustainability Transitions Network (KSI) aux Pays-Bas et le Réseau pour la recherche transdisciplinaire au sein des Académies suisses des sciences (pour un descriptif détaillé, voir encadré 4.4 infra) . Autre exemple intéressant de programmes de recherche institutionnalisés sur le développement durable, le Centre de recherche politique sur les transitions pour le développement durable (Transities voor Duurzame Ontwikkeling (TRADO)) financé par le gouvernement flamand. Ce Centre est composé d'unités de recherche de la KU Leuven, de l'Université de Gand, de l'Université Érasme de Rotterdam et du Centre de recherche stratégique Vision on Technology (VITO). Ces Centres rassemblent des chercheurs de toutes sortes de disciplines, notamment les sciences politiques, l'économie, la bio-ingénierie et l'architecture. Le programme de recherche du TRADO se concentre sur différents aspects des transitions vers la durabilité qui n'ont pas été suffisamment développés dans la littérature et qui sont susceptibles de soutenir la conception de la transition du gouvernement flamand.

**Comme nous le soutenons au point 4 du rapport, les sciences du développement durable ne seront pas en mesure de soutenir efficacement la transition vers la durabilité forte en l'absence d'une telle institutionnalisation à long terme. Plus particulièrement, il convient de mettre en place une formation universitaire** visant à développer des compétences propres à la recherche en matière de développement durable comme l'argumentation éthique, l'analyse des systèmes socio-écologiques et la recherche basée sur des méthodes multiples. En outre, il faut également **élargir la reconnaissance de la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire au sein des universités** ainsi que le développement de la confiance avec les parties prenantes de la durabilité en vue de créer des **partenariats de recherche** transdisciplinaires. Afin de progresser dans cette direction, les responsables de la politique scientifique et les directeurs de grands établissements d'enseignement supérieur et d'instituts de recherche (Scholz et al.,2006; Schneidewind, 2010) ont souligné la nécessité urgente de prendre un ensemble minimal de **mesures de renforcement des capacités** à mettre en œuvre au sein des trois modalités pour organiser la recherche sur ledéveloppement durable.

#### **4.3.1 Mesures de renforcement des capacités dans les universités et les autres établissements d'enseignement supérieur**

Premièrement, en ce qui concerne les sciences stratégiques pour le développement durable, il est urgent de transformer les pratiques existantes de la recherche dans les établissements d'enseignement supérieur. Il s'agit de la forme d'action par le bas la plus directement disponible qu'il est possible d'envisager pour progresser en direction de la mise en place d'une infrastructure de recherche transdisciplinaire pour le développement durable. Les conditions minimales soulignées dans la littérature pour une telle transformation sont **l'organisation de la recherche sur le**



**développement durable sur un mode transversal, au-delà des limites des disciplines, des facultés et des universités, et octroyer à la recherche sur le développement durable un rôle de premier plan dans la stratégie globale des établissements.** Dans le monde, de nombreux établissements d'enseignement supérieur se sont déjà engagés dans cette voie comme les universités de taille moyenne de certains Landers allemands (université de Lüneburg et université de Greifswald (voir encadré 4.1 ci-dessous)) ou encore de grandes universités de certaines régions du Japon (Université de Tokyo dans la région métropolitaine de Tokyo, voir le contenu textuel). Les grandes figures de ces transformations soulignent l'importance d'entreprendre l'ensemble d'actions suivantes :

- Création de **chaires explicitement transdisciplinaires** (y compris des comités de désignation de telles fonctions qui ne sont pas organisés selon une logique disciplinaire). L'Université de Lüneburg en Allemagne a créé une telle fonction en 2009.
- Création de **centres de recherche transdisciplinaires par-delà les limites des facultés**, capables de diffuser la recherche basée sur des méthodes multiples et des systèmes de gestion de la qualité pour la recherche transdisciplinaire. Le laboratoire de recherche transdisciplinaire de l'ETH Zürich fournit un exemple d'université ayant pris des mesures pour créer un tel centre.
- Création de **chaires/bourses « passerelles » pour la recherche transdisciplinaire sur le développement durable**, lancées conjointement par des établissements d'enseignement supérieur et des instituts de recherche à l'extérieur des établissements d'enseignement supérieur, sur le modèle des professeurs-chercheurs au sein des associations de recherche en Allemagne (les associations Fraunhofer ou Helmholtz, par exemple).

#### Encadré 4.1. Un exemple de renforcement des capacités pour la recherche sur le développement durable dans les établissements d'enseignement supérieur



### Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald Institut für Botanik und Landschaftsökologie

*L'Institut de botanique et d'écologie paysagère de l'Université de Greifswald*, en Allemagne, présente un profil interdisciplinaire unique qui englobe des biologistes, des écologistes, des économistes, des spécialistes des sciences sociales et politiques ainsi que de philosophes. L'Institut possède de longue date une expertise de renommée mondiale dans le domaine des paysages, en paléo-écologie et en dynamique des écosystèmes.

#### Faits marquants

- Le groupe de travail sur l'éthique environnementale accueille un groupe de recherche interdisciplinaire sur l'entrepreneuriat social (GETIDOS) qui possède une expertise spécifique dans la **recherche sociale empirique et la collaboration avec les parties prenantes du développement durable**.
- L'Institut abrite une **fondation opérationnelle** (la Fondation Succow) qui se consacre à la protection des parcs nationaux et des réserves de la biosphère dans les pays de l'Europe orientale.
- L'Institut organise un **programme international de Master** en Écologie paysagère et en Conservation de la nature ; les cours portent sur les sciences de l'environnement, l'économie et l'éthique (Image provenant de [http://www.botanik.uni-greifswald.de/msclenc/mp\\_03.html](http://www.botanik.uni-greifswald.de/msclenc/mp_03.html)).

#### Renforcement des capacités

< GETIDOS a reçu le soutien du **programme de recherche** socio-écologique du ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche. Comme indiqué sur le site web du programme, la recherche socio-écologique vise à développer des stratégies permettant de résoudre des questions de durabilité sociale qui mettent en lien la transformation écologique de la société avec la justice sociale et les demandes de l'économie. Ce type de recherche nécessite la **coopération entre scientifiques des disciplines naturelles et sociales et implique les acteurs de la société** (par exemple consommateurs, autorités locales, entreprises et ONG).

< La Fondation Succow a été créée grâce à l'argent du prix Right Livelihood Award, établi en 1985 avec le soutien d'un groupe de parlementaires suédois et avec un réseau de bénéficiaires, de bailleurs de fonds et d'autres partisans de cinq continents.

< Le programme de maîtrise internationale (voir supra) bénéficie d'un **soutien de ses frais de scolarité** de la part du service d'échange universitaire allemand et de la Deutsche Bundesstiftung Umwelt

### 4.3.2 Nouveaux outils de financement de la recherche programmatique

Le second point de départ d'une institutionnalisation efficace des sciences du développement durable est l'ensemble d'initiatives de recherche programmatique en application dans le domaine du développement de la durabilité et/ou concernant les questions environnementales. Le financement de cette recherche programmatique au niveau régional/national/européen a déjà permis de doter certains établissements d'enseignement supérieur de compétences en recherche sur le développement durable. En revanche, leur **potentiel de recherche transdisciplinaire n'a été que rarement exploité à plein**. Un grand projet de recherche allemand, le programme *Klimzug*, peut illustrer cette situation (cité comme une occasion manquée par Schneidewind (2010, p.125), le président actuel de l'Institut Wuppertal du climat, de l'environnement et de l'énergie). Ce programme a pour objectif de développer une stratégie d'adaptation climatique pour sept régions allemandes. Doté de 10 millions d'euros pour cinq ans, il était un candidat parfait pour la recherche transdisciplinaire. Pourtant, cet aspect est pour ainsi dire absent de sa conception comme de sa mise en œuvre. **Pour surmonter ces échecs, il importe de dépasser l'organisation conventionnelle, purement analytico-descriptive de la recherche programmatique et de se tourner vers le type de recherche transformative et éthiquement informée sur le développement durable qui s'avère indispensable pour la durabilité forte**. Parmi les exemples intéressants de programmes de recherche transdisciplinaire bénéficiant d'un financement, citons le « réseau local scientifique pour l'environnement et le développement durable » financé par l'Agence scientifique et technologique du Japon (pour une description détaillée, voir encadré 4.2 ci-après), le projet TRANSMED de l'Agence nationale de la recherche (France) pour les études transdisciplinaires sur l'avenir de la Méditerranée (<http://www.agence-nationale-recherche.fr>) et le Centre de recherche politique sur les transitions pour le développement durable financé par le gouvernement flamand, en Belgique. Les mesures suivantes de renforcement des capacités peuvent être prises pour intégrer la recherche transdisciplinaire éthiquement informée dans le financement de la recherche programmatique :

- Intégration d'**exigences en matière d'organisation transdisciplinaire de la recherche et justification explicite des choix** relatifs aux options éthiques de la durabilité forte, qui feront office de conditions préalables au financement de toute recherche programmatique pour le développement durable ;
- Soutien de l'échange systématique de méthodologies et de bonnes pratiques en matière de recherche sur le développement durable entre les instituts existants et impliqués dans la recherche sur le développement durable :
  - Bourses synergiques pour un consortium d'instituts en vue de développer des **compétences méthodologiques entre établissements** en matière de recherche sur le développement durable ;
  - **Centres de compétences entre établissements** pour la recherche sur le développement durable capables d'intégrer les connaissances sur les méthodologies de la recherche sur le développement durable provenant d'établissements d'enseignement supérieur et d'autres instituts de recherche.

#### Encadré 4.2. Un exemple de renforcement des capacités de la recherche sur le développement durable à travers des outils relevant du financement de la recherche programmatique

Le **Réseau des sciences locales pour l'environnement et le développement durable** s'inscrit dans le projet « Développement d'une communauté scientifique pragmatique » financé par l'Agence japonaise des sciences et de la technologie (<http://localsci.org/jst2en/outline.html>). Ce projet vise à construire un système capable de faciliter les interactions entre parties prenantes, instituts de recherche en résidence et chercheurs invités dans le cadre d'efforts déployés au niveau local pour résoudre des questions environnementales. Le projet s'intéresse aussi à l'évaluation et aux retours des parties prenantes des communautés locales dans un tel système.

##### Faits marquants

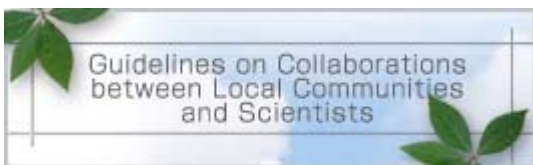
- Le Réseau des sciences locales encourage et soutient les scientifiques qui peuvent être des partenaires utiles aux parties prenantes locales et qui sont responsables de la résolution de problèmes.
- Le Réseau des sciences locales organise un système d'« évaluation participative de la recherche » destiné à évaluer les activités et la recherche des scientifiques à la fois du point de vue des communautés locales et de la science elle-même.

##### Renforcement des capacités

< Le LSNES organise des **stages de recherche en résidence** qui englobent une formation sur la manière dont les chercheurs en résidence travaillent sur les problèmes et sur la manière dont ils abordent et appliquent la recherche sur le terrain.



< Le LSNES formule des « **Lignes directrices sur les collaborations** », que les parties prenantes locales et les scientifiques/spécialistes utilisent ensuite pour motiver et s'évaluer mutuellement, et pour travailler ensemble dans le cadre de collaborations scientifiques.



### 4.3.3. Nouveaux réseaux et outils de recherche

Troisièmement, la pleine institutionnalisation de la recherche sur le développement durable nécessitera la création de nouveaux réseaux et/ou instituts de recherche consacrés spécifiquement à la recherche sur le développement durable. D'une part, il conviendrait de créer de nouveaux réseaux de recherche chargés d'assumer au moins l'une des tâches suivantes :

- Renforcement des **capacités permettant de participer à des réseaux internationaux** par la diffusion de bonnes pratiques et de savoir-faire ;
- Soutien à la création **d'infrastructures communes de recherche transdisciplinaire** comme des revues à libre accès évaluées par les pairs, des prix pour la recherche sur le développement durable, des conférences annuelles sur la recherche transdisciplinaire en matière de développement durable.
- Promotion de la **soumission conjointe de projets de recherche financés** au niveau régional, national et européen, par des établissements d'enseignement supérieur et des instituts de recherche extérieurs aux établissements d'enseignement supérieur.

L'Alliance pour le développement durable mondial (Alliance for Global Sustainability) au niveau international (pour une description détaillée, voir encadré 4.3 ci-après) et le Réseau de recherche sur les transitions vers le développement durable (Sustainability Transitions Research Network – STRN) en Europe sont de bons exemples de tels réseaux.

D'autre part, il conviendrait de créer de **nouveaux instituts spécialisés dans la recherche transdisciplinaire**, au niveau régional, national ou transnational, afin de mettre en œuvre une série de tâches nécessaires à l'institutionnalisation à long terme de la recherche sur le développement durable. Les établissements suivants peuvent contribuer à cet objectif :

- **Panels régionaux ou nationaux** sur le modèle du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) dressant des inventaires examinés par les pairs des meilleures connaissances scientifiques disponibles sur les stratégies et les solutions en matière de transition vers la durabilité au sens fort au niveau régional ou national ;
- Un **fonds pour la recherche transformative sur le développement durable** qui financerait spécifiquement des sujets de recherche émanant des parties prenantes du développement durable (qui pourraient soumettre des sujets qu'elles identifient elles-mêmes dans le cadre d'une sorte d'appel d'offres concurrentiel). L'objectif d'un tel fonds (ou d'une partie des programmes d'un fonds existant) consisterait à associer les parties prenantes du développement durable à la définition des grandes questions de recherche socialement pertinentes que devrait traiter la recherche sur le développement durable ;
- Un **institut d'études de haut niveau sur la recherche en matière de développement durable** (à implanter dans un lieu unique ou sous la forme d'un réseau d'instituts partenaires), qui propose une infrastructure d'accueil des chercheurs invités de haut niveau et coordonne les travaux avec des étudiants diplômés et de troisième cycle sur des idées novatrices et d'avant-garde qui font avancer l'agenda de la recherche sur le développement durable ;
- Un **organe consultatif chargé du développement de la recherche sur le développement durable** au sein des établissements d'enseignement supérieur. Un tel organe élabore des

rapports sur les bonnes pratiques internationales et développe des critères de gestion de la qualité de la recherche transdisciplinaire sur le développement durable.

Parmi les exemples de nouveaux instituts de ce type qui remplissent un rôle important dans le renforcement des capacités, citons l'Institut for Advanced Studies de Potsdam (IASS), le Td-net au sein de l'Académie suisse des sciences (pour une description détaillée, voir encadré 4.4 ci-dessous) et le Centre de recherche international sur l'environnement et le climat à Oslo.

**Tableau 3.2. Mesures de renforcement des capacités pour les sciences transdisciplinaires du développement durable**

Ces mesures peuvent faire l'objet de nouvelles initiatives dans le cadre de la politique scientifique ou peuvent être intégrées dans les initiatives existantes de la politique scientifique.

Mesures de renforcement des capacités des sciences transdisciplinaires du développement durable	Exemples cités dans le rapport (*)
<b>Mesures de renforcement des capacités dans les établissements d'enseignement supérieur</b> Création de chaires transdisciplinaires Création de centres de recherche transdisciplinaire Création de bourses « passerelles »	Institut de botanique et d'écologie paysagère (voir encadré 4.1) ; université de Lüneburg, ETH Zürich et <i>Graduate School of frontier sciences</i> de l'Université de Tokyo (voir texte)
<b>Outils de financement de la recherche programmatique</b> Exigences concernant l'organisation transdisciplinaire de la recherche Exigences d'une perspective éthique relative à la durabilité au sens fort Bourses synergiques pour la recherche sur le développement durable entre établissements et basée sur des méthodes multiples Centres de compétences entre établissements	Réseau scientifique local pour l'environnement et la durabilité (voir encadré 4.2) ; projet TRANSMED et centre de recherche politique sur les transitions pour le développement durable (voir texte)
<b>Réseaux de recherche</b> Partage de bonnes pratiques et de savoir-faire à des fins de mise en réseau au niveau international Infrastructure de recherche transdisciplinaire commune (revues, conférences, prix) Soumission conjointe de projets de recherche de plus grande envergure	Alliance pour le développement durable mondial (voir encadré 4.3) ; Réseau de recherche sur les transitions vers le développement durable (STRN) (voir texte)
<b>Instituts/plateformes/panels de recherche</b> Panels régionaux ou nationaux pour le développement durable	Td-net au sein de l'Académie suisse des sciences (voir encadré 4.4) ; IASS Potsdam et

Organisation de l'identification/de la soumission par les parties prenantes de questions de recherches importantes	Centre de recherche international sur l'environnement et le climat (Oslo) (voir texte)
Institut d'études avancées dans la recherche sur le développement durable	
Organe consultatif sur les procédures de gestion de la qualité de la recherche transdisciplinaire sur le développement durable	

(\*) La liste d'exemples dans la seconde colonne n'est présentée qu'à titre d'information. Une présentation complète des initiatives existantes sortirait du cadre du présent rapport. Cette liste n'est donc pas représentative des initiatives existantes dans les pays en question ou dans d'autres pays.

A l'heure actuelle, les Régions et les Communautés belges n'ont pas encore de grandes infrastructures de recherche sur le développement durable, à l'exception notable du Centre de recherche politique sur la transition pour le développement durable financé par le gouvernement flamand (voir supra). Il n'en reste pas moins que les défis de la durabilité dans le domaine de l'énergie, de la mobilité ou de l'agriculture – pour ne nommer que ceux-là – sont aussi considérables qu'ailleurs. Par conséquent, le développement de stratégies, de réseaux et d'instituts spécifiques pour la recherche sur le développement durable s'avère nécessaire pour relever ces défis. Les possibilités permettant de progresser dans cette direction ne manquent certainement pas. En effet, les universités et les centres de recherche des Communautés et des Régions développent déjà un éventail d'initiatives et de programmes de recherche susceptibles de contribuer directement à la mise en place de telles infrastructures. Toutefois, à défaut de nouvelles initiatives ambitieuses à divers niveaux d'intervention politique, les initiatives actuelles ne parviendront pas à hisser leurs infrastructures au niveau de l'excellence internationale déjà atteint dans des Régions et des Communautés similaires à travers le monde.



#### Encadré 4.3. Un exemple de renforcement des capacités de la recherche sur le développement durable à travers le soutien aux réseaux de recherche



L'**Alliance for Global Sustainability (AGS)** (<http://www.globalsustainability.org/>) est un partenariat international unique entre quatre universités scientifiques et technologiques:

- Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETHsustainability)
- Massachusetts Institute of Technology (MIT/AGS)
- Université de Tokyo (UT)
- Chalmers University of Technology (Chalmers)

Depuis sa création, l'AGS a lancé un nouveau paradigme de recherche qui réunit des équipes de recherche multidisciplinaires à partir des institutions partenaires. Des programmes solides et locaux impliquent les facultés, les étudiants et le personnel de recherche des divers instituts.

#### **Renforcement des capacités**

< Programmes phares: s'appuyant sur une décennie de recherche collaborative, l'AGS a lancé deux **programmes phares de recherche, d'enseignement et de portée sur un mode intégré**:

- Le projet « Energy Flagship », qui se concentre sur la sélection de secteurs énergétiques sous le thème « Trajectoires à court terme vers un avenir énergétiquement durable ».
- Le projet « nourriture et eau » : « Services écosystémiques sûrs pour un monde alimenté »

< Citons quelques activités éducatives conjointes menées par les instituts membres de l'AGS : « **Youth Encounter on Sustainability** » et le projet « Delivering Research Results ». Ce dernier projet a pour objectif de créer une **ressource éducative basée sur le web** afin de développer l'intérêt des étudiants du premier cycle pour la recherche sur le développement durable, de créer du matériel pédagogique et d'aider les étudiants à suivre les cours et à mener leur recherche.

< La **série de livres** de l'AGS intitulée « Science and Technology: Tools for Sustainable Development » (Springer) compte déjà neuf volumes et d'autres sont en préparation.

< L'outil **Partnership Simulation** a été développé par le professeur du MIT Lawrence Susskind et son équipe, spécifiquement pour l'AGS. Il s'agit de renforcer les capacités afin de lancer et de mettre en œuvre un partenariat de recherche efficace pour le développement durable et associant universités/industrie/société civile.

#### Encadré 4.4. Un exemple de renforcement des capacités de la recherche sur le développement durable à travers la création de nouvelles institutions

## td-net

Network for Transdisciplinary Research

Depuis 2008, le **réseau pour la recherche transdisciplinaire** (td-net) fonctionne à l'initiative des Académies suisses des sciences. Le réseau a été créé pour encourager la recherche transdisciplinaire dans tous les domaines thématiques. Il plonge cependant ses racines dans l'expérience acquise dans les domaines de la recherche sur l'environnement et le développement durable.

### Faits marquants

- Le td-net est le point de contact suisse par excellence pour les chercheurs et les bailleurs de fonds dans le domaine de la recherche et de l'enseignement interdisciplinaire et transdisciplinaire.
- Fonctionnant comme une plateforme, le td-net favorise l'apprentissage mutuel entre chercheurs et professeurs interdisciplinaires et transdisciplinaires dans différents domaines thématiques, diverses langues et plusieurs pays, soutenant ainsi le renforcement de la communauté.
- En tant que centre de compétences, le td-net dispose de l'expertise, des méthodes et des outils pour coproduire des connaissances. En utilisant ces compétences, le td-net soutient des projets interdisciplinaires et transdisciplinaires de recherche et d'enseignement afin de les présenter dans son cursus.
- Le td-net aide les Académies suisses des sciences à faciliter les échanges et les collaborations entre les disciplines et entre les sciences et la société.

### Renforcement des capacités

< La conférence nationale sur l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité est organisée conjointement par le td-net et l'Institut Universitaire Kurt Bösch (IUKB). La conférence vise à encourager les échanges sur les défis de l'enseignement et de la recherche interdisciplinaires et transdisciplinaires.

< Le **Prix** des académies suisses pour la **recherche transdisciplinaire** (*td-award*) est décerné chaque année pour distinguer un travail transdisciplinaire exceptionnel.

< Projets du td-net pour la période 2012-2015: élaboration d'un **aperçu des méthodes** de coproduction de la connaissance, qui identifie des méthodes selon le problème spécifique qu'elles doivent résoudre ; poursuivra le développement de méthodes sélectionnées au moyen de tests pratiques et de leur examen ; et publiera l'aperçu des méthodes orienté vers l'application sur sa page d'accueil.

## Conclusion

Bon nombre de communautés scientifiques, d'organisations internationales et de responsables politiques ont documenté la crise du développement durable sans précédent à laquelle l'humanité est aujourd'hui confrontée. C'est certainement par la déplétion et la dégradation excessives des ressources naturelles qui sont le corollaire des politiques économiques favorables à la croissance menées partout dans le monde que cette crise est la plus visible. Mais cette dégradation produit aussi un impact considérable sur le bien-être social, environnemental et économique des générations présentes et futures. Le rôle des sciences dans ce nouveau paysage est loin d'avoir été insignifiant. D'une part, la diffusion rapide des instituts de recherche scientifique en Europe au XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles est largement considérée comme l'élément déclencheur de la révolution industrielle et de la croissance de la population qui lui a fait suite, mais aussi des changements des modes de vie et de consommation à l'échelle mondiale, qui ont entraîné des améliorations substantielles du bien-être humain – bien qu'inégalement réparties au niveau mondial (Mokyr, 2002). D'autre part, après des siècles de triomphe et d'optimisme, les sciences se doivent à présent de répondre aux pathologies du système industriel mondial. Tandis qu'il était auparavant acquis que les sciences généraient un progrès constant de la certitude de nos connaissances et de notre contrôle du monde naturel, les études sur les sciences dans la société (Funtowicz et Ravetz, 1993 ; Commission européenne, 2009) montrent que les sciences sont de nos jours de plus en plus perçues comme une activité qui doit faire face à de nombreuses incertitudes concernant les systèmes socio-écologiques complexes, les orientations éthiques et l'existence d'une pluralité de perspectives légitimes. En réponse à cette nouvelle situation, il se crée de nouveaux styles d'activités scientifiques.

Comme nous l'avons montré tout au long de ce rapport, il n'est pas possible de relever le défi de la durabilité au sens fort en recourant à la vision classique, réductionniste et analytique, du monde, qui divise les systèmes en éléments toujours plus petits, étudiés dans le cadre de spécialisations toujours plus ésotériques. De fait, le développement durable n'appelle pas seulement des changements dans la configuration des systèmes socio-écologiques, mais aussi et peut-être surtout à une transformation des valeurs fondamentales et des visions du monde qui sous-tendent les actions des individus et des organisations (Jaeger et Tàbara, 2011, p. 206). Les sciences peuvent contribuer à ces changements, mais à la condition expresse que les défis du développement durable soient traités sur un mode ouvert, exploratoire et soucieux de favoriser l'apprentissage. Il faut de **nouveaux modes d'organisation de la recherche et de nouveaux partenariats de recherche réunissant expertises scientifique et extrascientifique** ainsi qu'une nouvelle génération de scientifiques conscients des défis qui vont de pair avec la durabilité forte. A l'issue d'une décennie d'expérimentation de nouveaux modes d'organisation de la recherche scientifique sur le développement durable, les **sciences du développement durable émergent comme un mode original qui se caractérise par une recherche transdisciplinaire et interdisciplinaire opérant au sein d'une perspective explicitement éthique de la durabilité forte.**

Même si l'on s'accorde de plus en plus à reconnaître le besoin urgent de développer plus avant les sciences du développement durable, le rapport a souligné **plusieurs obstacles épistémologiques et institutionnels qui entravent la mise en œuvre de changements dans l'organisation et le financement des sciences.** Comme l'a montré l'analyse détaillée des conceptions prometteuses des sciences du développement durable dans l'économie écologique, la science du système Terre et les

conceptions de la transition dans les études scientifiques, technologiques et sociales, la tendance à revenir vers des conceptions réductionnistes et spécialisées plus classiques lorsqu'il s'agit de fournir des conseils de nature politique est encore largement répandue. De plus, dans la plupart des cas, les spécialistes n'admettent pas immédiatement les éléments probants qui contredisent les théories monodisciplinaires bien établies. Même une fois reconnu le caractère contradictoire des éléments probants vis à vis de ces conceptions disciplinaires bien établies, des théories améliorées n'émergent ni immédiatement ni facilement. De même, les pratiques méthodologiques ne changent pas toujours ou pas immédiatement lorsque se produisent des développements théoriques ou des innovations méthodologiques. Par ailleurs, les dispositifs incitant à la carrière scientifique dans les établissements d'enseignement supérieur, la dominance de l'évaluation monodisciplinaire des projets et des promotions et l'absence de possibilités de formation dans la recherche transdisciplinaire constituent autant d'obstacles non négligeables.

S'il n'existe pas de solutions simples pour relever ces défis, les **universités comme les organismes de financement de par le monde ont prouvé à de multiples reprises qu'ils étaient capables de surmonter les obstacles institutionnels et épistémologiques** en favorisant la familiarisation des scientifiques avec des méthodes et des disciplines multiples dans le cadre de formations, d'ateliers et de tables rondes, et en soutenant des programmes et des réseaux de recherche interdisciplinaires qui améliorent la sensibilisation à la recherche sur le développement durable. Par conséquent, il semble utile que les cercles universitaires et politiques identifient et s'efforcent de supprimer les obstacles institutionnels et méthodologiques en accordant un soutien institutionnel, organisationnel et financier accru. Il est plus difficile de trouver une solution aux dispositifs institutionnels et structurels qui sapent la confiance entre les chercheurs en opposant entre elles différentes disciplines et différentes méthodes qui se font concurrence pour obtenir des ressources et prestige. Les incitants à la carrière qui récompensent la recherche individuelle au détriment de la recherche collaborative découragent bien évidemment la collaboration. Le renversement de ces incitants n'est pourtant pas impossible, comme en atteste la situation actuelle avec une part de la recherche collaborative sur le développement durable qui varie déjà selon les disciplines. La reconnaissance explicite et le soutien des activités de la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire visant à régir la transition vers la durabilité forte pourrait encourager des efforts coordonnés ayant pour but d'améliorer plus systématiquement et plus rapidement les dispositifs institutionnels et structurels.

## Remerciements

Je voudrais adresser mes remerciements aux membres du groupe d'experts consultatifs de ce rapport pour leurs contributions et les discussions stimulantes que j'ai pu avoir avec eux: Paul-Marie Boulanger, Kevin Maréchal, Eric Lambin, Tom Bauler et Francisco Padilla. Je remercie également Florin Popa et Mathieu Guillermin qui, avec persévérance, m'ont assisté dans le travail de recherche tout au long de l'élaboration de ce rapport. Ma gratitude va aussi à Heike Rämer, à Caroline Vanschendel et à Dimitra Manou pour l'aide qu'elles ont apportée à l'édition du manuscrit, ainsi qu'à André Verkaeren et à Alisson Kelly, dont les compétences linguistiques ont été précieuses.

## Glossaire

### a. Glossaire des concepts clefs

Les concepts clefs du glossaire sont indiqués dans le texte par un double astérisque (\*\*), et ce dès leur première utilisation dans le résumé ainsi que dans le texte.

#### **Durabilité faible, intermédiaire et forte**

La durabilité peut être décrite comme le « maintien du capital » (Goodland and Daly, 1996). Dans le cas de la durabilité économique cela réfère essentiellement au capital financier. Ainsi, historiquement, les marchands du Moyen-Age voulaient savoir combien de leurs recettes pouvaient être consommées par leur famille sans épuiser le capital de leur entreprise (par exemple en n'utilisant pour le privé que les profits nets moins les coûts d'investissement). Plus récemment, le concept de durabilité est de plus en plus utilisé dans le contexte de crise écologique, où la durabilité environnementale réfère au maintien du capital naturel. Ce dernier est défini comme le stock d'actifs produits par l'environnement (comme le sol et sa faune, l'atmosphère, les forêts, l'eau, etc.) offrant un flot continu et utile de biens et services (voir le concept de service écosystème discuté dans la section 3.2.) Suite à la dégradation du capital naturel, ce dernier est devenu dans de nombreuses situations un facteur limitant les activités socio-économiques, et ce malgré les évolutions technologiques et humaines. Par exemple, le bois est limité par la présence de forêt et non par les scieries, la pêche par la reproduction des poissons et non par les techniques de pêche, etc. Dans un tel contexte, divers degrés de durabilité peuvent être distingués : faible, intermédiaire et forte. Ces degrés réfèrent respectivement aux situations, premièrement, où seulement un niveau total de capital doit rester intact (et donc où un type de capital peut être complètement épuisé, sans manque de bien-être), deuxièmement, où uniquement un seuil critique de chaque type de capital doit être maintenu, et troisièmement, où les différents types de capital doivent être maintenu intact séparément. La durabilité forte est importante quand les diverses formes de capital sont complémentaires et non substituables, par exemple les scieries (capital humain) sont inutiles sans l'apport en bois de la forêt.

Références et lectures complémentaires : Goodland and Daly, 1996; Common and Stagl, 2005.

#### **Incertitude**

Malgré les efforts et les ressources considérables déployées pour le développement et la mise en œuvre de méthodes de traitement de l'incertitude, peu d'efforts concertés ont visé à déterminer si ces méthodes contribuent significativement à l'amélioration de la connaissance ou de la politique. Même lorsque peu de données empiriques sont disponibles pour solutionner des problèmes politiques, le recours à des techniques statistiques traditionnelles reste largement dominant. Cependant, d'après John Christian Bailar, un expert en méthodologies statistiques, toutes les algèbres statistiques et tous les algorithmes statistiques sont susceptibles de desservir le pré requis de réflexion disciplinée et de rigueur scientifique, car « le type de variabilité aléatoire que nous observons dans les grands problèmes actuels tend à être minoritaire face à d'autres incertitudes ». En particulier, « la variabilité aléatoire – avec la valeur-p et l'intervalle de confiance, est simplement submerger par d'autres types d'incertitudes lors de l'évaluation des risques de santé liés à une exposition chimique, pour le pistage du mouvement d'un contaminant environnemental, ou pour la

prédiction des effets des activités humaines sur la température globale ou la couche d'ozone » (Bailar, 1988, p. 19). Ainsi, d'un point de vue scientifique, la validité des approches statistiques conventionnelles de l'incertitude est, au mieux, douteuse dans le cadre des problèmes de développement durable. De nouvelles méthodes doivent être développées afin de rendre notre « ignorance utilisable » (Ravetz, 1990). En particulier, les différentes sortes d'incertitudes nécessitent d'être clairement explicitées et analysées. Comme l'exposent plus en détail Funtowicz et Ravetz (1993, pp. 743-744), il est requis de distinguer l'inexactitude, le manque de fiabilité et l'incertitude irrémédiable.

Bibliographie et lectures complémentaires : Bailar, 1988 ; Ravetz, 1990 ; Funtowicz & Ravetz, 1993

### **Interdisciplinarité**

Le rapport des US National Academies sur l'interdisciplinarité définit celle-ci comme un mode de recherche par équipes ou individus intégrant informations, données, techniques, outils, perspectives, concepts, et/ou théories issus de deux ou plusieurs disciplines ou milieux spécialisés, pour avancer dans la compréhension fondamentale ou dans la résolution de problèmes dont les solutions sont au-delà de la portée d'une seule pratique de recherche (National Academies, 2004). Dans le contexte particulier des sciences du développement durable, la pratique interdisciplinaire résulte en particulier du besoin de combiner des modèles descriptifs et analytiques avec des modèles transformationnels (voir le glossaire pour les modèles descriptifs et analytiques). Dans la pratique, cela signifie qu'il convient d'intégrer les résultats des disciplines analytiques telles que l'économie et les sciences environnementales avec les résultats d'enquêtes éthiques et exploratoires quant aux diverses solutions transitoires socialement acceptables.

Références et lectures complémentaires : National Academies, 2004; Jerneck et al., 2011

### **Mode de recherche analitico-descriptif *versus* transformatif**

Les sciences du développement durable se sont développées dans le cadre d'une tension constructive entre deux modes de recherche, le mode descriptif-analytique et le mode transformatif (Wiek et al., 2012). Ces deux modes constituent des composantes nécessaires de la recherche pour le développement durable (Clark and Dickson, 2003). Le mode descriptif-analytique de la recherche pour le développement durable consiste principalement en une forme avancée des techniques d'analyse des systèmes complexes, appliquées aux systèmes socio-écologiques qui sont complexes et dynamiques (see for example Ostrom et al., 2007; Matson, 2009). Le mode transformatif est orienté vers la recherche de solutions pratiques aux problèmes de développement durable. Par conséquent, la recherche pour le développement durable dans ce mode transformatif est confrontée aux challenges de la génération de connaissance efficiente, l'incorporation de connaissance non académiques, ainsi que de la prise en compte de différentes valeurs et intérêts politiques. Le mode transformatif s'attaque typiquement à des questions de recherches telles que : (1) quel serait l'impact de l'adoption de différentes valeurs sur l'aspect et le fonctionnement des systèmes socio-écologiques (par exemple l'impact de différentes manières d'équilibrer les besoins socio-économiques et les capacités environnementales) ; (2) quels chemins de transitions sont viables et quelles stratégies pourraient être explorées pour progresser vers différentes solutions.



Bibliographie et lectures complémentaires : Ostrom et al., 2007; Matson, 2009; Wiek et al., 2012; Clark and Dickson, 2003.

### **Systemes socio-écologiques**

Le terme de système socio-écologique est utilisé afin de modéliser des situations dans lesquelles les systèmes sociaux et naturels sont reliés au travers d'interactions dynamiques, lesquelles rendent la délimitation entre ces systèmes artificielle et arbitraire (Berkes et al. 2003). Depuis des centaines d'années, les actions humaines ont des impacts majeurs sur les systèmes biophysiques. L'étendue et la magnitude des pratiques humaines opérant sur les systèmes socio-écologiques ont cependant dramatiquement augmentées, menant des scientifiques de renom à conclure à notre entrée dans un monde d'écosystèmes à présent dominés par l'humain (Vitousek et al. 1997), et ce à une échelle planétaire (Crutzen and Stoermer 2000; Crutzen 2002). L'objectif de la recherche sur les systèmes socio-écologiques est d'étudier comment les sociétés humaines gèrent le changement dans ces systèmes couplés, et de comprendre comment construire des capacités d'adaptation pour les évolutions futures. La gestion séparée des systèmes écologiques, sociaux ou économiques n'étant déjà pas une mince affaire en soi, celle des systèmes socio-écologiques s'avère encore plus ardue de par leurs aspects hautement complexe et dynamique. La nonlinéarité et l'incertitude associées aux systèmes socio-écologiques doivent donc être prises en compte dans l'analyse des institutions gouvernant de tels systèmes.

Références et lectures complémentaires : Berkes et al. (2003b), Crutzen (2002), Crutzen and Stoermer (2000), Vitousek et al. (1997).

### **Transdisciplinarité**

La recherche transdisciplinaire complète la recherche conventionnelle dans les domaines caractérisés par la complexité et l'incertitude : « Il y a un besoin de recherche transdisciplinaire quand la connaissance d'un problème sociétal est incertaine, quand la nature même du problème est disputée, et quand l'enjeu est trop important pour ceux concernés par ce problème » (Pohl and Hirsch Hadorn, 2007, p. 20). Parmi les exemples de tels domaines peuvent être cités l'immigration, la violence, la santé, la pauvreté, le changement climatique ou encore les transformations culturelles. La transdisciplinarité implique que la nature précise d'un problème devant être résolu ne peut être prédéterminée et doit être définie conjointement par les scientifiques et les acteurs sociaux. Afin de permettre aussi bien l'affinement du problème que l'engagement collectif dans sa résolution, la recherche transdisciplinaire connecte l'identification du problème avec la structuration, la recherche de solutions et la création de résultats au travers une recherche récursive et constamment négociée » (Wiesmann *et al.* 2008, p. 436). Plus précisément, les spécialistes du développement durable définissent la recherche transdisciplinaire comme « un principe scientifique réflexif, intégratif et méthodologique visant la solution de problèmes sociétaux, et simultanément d'issues scientifiques, en différenciant et intégrant la connaissance issue de divers milieux d'experts et de profanes » (Jahn et al., 2012, pp. 26-27).

Références et lectures complémentaires : Wiesmann *et al.* 2008; Jahn et al. 2012; Pohl and Hirsch Hadorn, 2007.

## **Transition**

Le terme transition s'est révélé être un concept théorique clef dans l'analyse de la crise du développement durable au cours de la dernière décennie. Il réfère à un profond processus de changement qui implique tant les pratiques d'innovations que les adaptations structurelles et culturelles (Grin et al., 2010). Cette notion de structure prend dans ce cadre une signification large incluant les infrastructures physique (réserves et flux physiques), les infrastructures économiques (marché, consommation, production), ainsi que les institutions (règles, régulations, acteurs collectifs tels que les organisations, et acteurs individuels). La notion de culture désigne l'ensemble, collectivement admis, des valeurs, normes, perspectives (en termes d'orientation cohérente et partagée) et paradigmes (dictant la façon de définir les problèmes et leurs solutions) (Loorbach et Rotmans, 2006).

Bibliographie et lectures complémentaires : Grin et al., 2010 ; Loorbach et Rotmans, 2006.

### **b. Glossaire des termes techniques cruciaux**

Les termes techniques cruciaux sont repérés dans le texte par un astérisque simple \*, lors de leur première occurrence dans le résumé analytique, ou lors de leur première occurrence dans le corps du texte.

#### **Analyse d'équilibre général/partiel**

Une analyse d'équilibre générale vise à donner une compréhension de l'ensemble de l'économie à l'équilibre, en s'appuyant sur les marchés individuels et les agents. La première tentative de modélisation des prix pour une économie entière dans le cadre de l'économie néoclassique fut réalisée par Léon Walras (1874). L'analyse d'équilibre partiel est caractérisée par la détermination simplifiée du prix d'un bien, qui se base seulement sur le prix d'un unique bien en supposant que les prix de tous les autres biens demeurent constants.

#### **Evaluation multicritères**

Un problème multicritères est typiquement décrit par un ensemble fini d'actions réalisables et un ensemble fini de critères d'évaluation (Funtowicz et al., 2002). En général, il n'y a pas, dans un problème multicritères, de solution optimisant tous les critères en même temps. Les méthodes d'évaluations multicritères permettent aux décideurs de trouver des compromis qui tiennent comptes de différentes valeurs en conflit. De plus en plus, les analyses multicritères s'appuient sur des logiciels et des méthodes issus de la recherche qualitative comparative (pour un panorama de ces méthodes, voir Rihoux et Ragin, 2009).

## **Modèles d'équilibre général stochastiques et dynamiques**

Ces modèles visent à la description du comportement de l'économie comme un tout, en analysant les interactions de nombreuses décisions microéconomiques, et en prenant en compte le fait que l'économie est affectée par des chocs aléatoires (« stochastiques ») tels que des changements technologiques, des fluctuations du prix du pétrole, ou des modifications dans l'élaboration des politiques macroéconomiques. L'ensemble centrale des variables microéconomiques typiquement employées à la base de ces modèles sont les préférences économiques (maximisation de l'utilité personnelle ou des profits des firmes), la capacité de production des agents (pour les firmes, ceci revient à spécifier leur capacité à produire une certaine quantité d'un bien, en fonction de quantités données de travail, de capital et d'autres éléments mis en jeu), et les institutions économiques (telles que les contraintes budgétaires, les règles des politiques monétaires et fiscales) (Kydland et Prescott, 1982).

### **Préférences lexicographiques et utilité ordinale**

Un agent utilisant des « préférences lexicographiques » classe les entités ou les aspects par ordre de choix mais rejette la possibilité de commerce ou de substitution parmi ces entités (Spash, 1998). De telles préférences peuvent être absolues, comme le droit des animaux, ou limitées, comme lorsque que certains standards minimums de vie sont prérequis à la mise en œuvre opérationnelle de tels droits (O'Neill and Spash, 2000). Ces types de préférences se conforment aux axiomes basiques de la rationalité en économie néo-classique, mais excluent le principe de substitution (brute), qui implique que tout a un prix d'échange commercial. De nombreux économistes supposent que ces préférences représentent des perspectives irrationnelles, mais des éléments indiquent qu'elles pourraient en fait être relativement courantes, en particulier pour les problèmes environnementaux. En présence de préférences lexicographiques, il n'est pas possible d'appliquer la théorie de l'utilité ordinale qui supposent que toutes les paires de combinaisons alternatives de biens peuvent être ordonnées de telle manière que l'une soit considéré par un individu comme, pire que, égale à ou meilleure que l'autre.

### **Rendement maximal durable**

Le rendement soutenable maximum est la plus grande capture qui peut être réalisée, ou la plus grande production qui peut être récoltée tout en préservant la capacité de la population à se reproduire indéfiniment. Néanmoins, les biologistes spécialistes de la conservation s'accordent largement à penser que ce concept est incorrectement employé car il se limite aux espèces en question, sans prendre en compte les dommages causés aux écosystèmes par les niveaux d'exploitation fixés et par les captures accidentelles (Walters et Maguire, 1996).

## Références

- Andersson J. O., Lindroth M. 2001. Ecologically unsustainable trade. *Ecological Economics* 37 (1): 113-122.
- Arendt, H. 1963. The conquest of space and the stature of man. *Great Ideas Today* 1-82.
- Arrow, K. J., Debreu, G. 1954. Existence of an equilibrium for a competitive economy. *Econometrica* 22(3): 265-290.
- Arrow, K. 1962. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In R. Nelson (ed), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, 609-625. Princeton: Princeton University Press.
- Bacho, F. Z. L. 2005. Decentralization in a Pluralist State: Ethnic Identity, Resource Conflicts and Development in the East Gonja District of Ghana. *Ghana Journal of Development Studies* 2 (1): 7-36.
- Bailar, J. C. 1988. *Scientific Inferences and Environmental Problems: The Uses of Statistical Thinking*. Institute for Environmental Studies, University of North Carolina, Chapel Hill.
- Baland, J.M., Bardhan, P and Bowles, S. (eds) 2006. Inequality, cooperation and environmental sustainability. Princeton: Princeton University Press
- Ballon, D. 2008. Opinion: synthetic biology is a key to energy independence, *San Jose Mercury News*, 12 April.
- Barnosky A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J. , Hastings, A. , Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E., Smith, A. B. 2012. Approaching a state shift in earth's biosphere. *Nature* 486: 52-58.
- Bauler, T. 2012. An analytical framework to discuss the usability of (environmental) indicators for policy. *Ecological Economics* 17: 38-45
- Baumgaertner, S., Quaas M. F. 2010. What is sustainability economics? *Ecological Economics* 69: 445-450.
- Ben-David, J. 1971. *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Benkler, Y. 2006. *The wealth of networks*. Yale: Yale University Press.
- Berkes, F., Folke, C. (eds) 1998. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Berkes, F., Colding, J., Folke C. 2003a. Introduction. In F. Berkes, J. Colding, C. Folke (eds) *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, xv-xxi. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Berkes, F., Colding, J., Folke, C. (eds) 2003b. *Navigating Social-Ecological Systems. Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

Blanchard, O. 2000. What do we know about macroeconomics that Fisher and Wicksell did not? *Quarterly Journal of Economics* 115: 1375-1409.

Boulanger P. M., Bréchet T. 2005. Models for sustainable development policy-making: state of the art and perspectives for research, *Ecological Economics*, 55(3): 337-350.

Boulanger, P.M. 2012. From Mode 2 to transition theory, and back. Manuscript with the author.

Boyce, J. K. 2007. Inequality and environmental protection. In J. M. Baland, P. Bardhan, S. Bowles (eds) *Inequality, Cooperation and Environmental Sustainability*, 314-348. Princeton USA: Princeton University Press.

Brousseau, E., Dedeurwaerdere, T., and Siebenhüner B. (ed.) 2012a. *Reflexive Governance for Global Public Goods*, Cambridge (MA): MIT Press.

Brousseau, E., Dedeurwaerdere, T., Jouvét, P.-A., Willinger, M. (ed.) 2012b. *Global Environmental Commons: Analytical and Political Challenges in Building Governance Mechanisms*. Oxford: Oxford University Press.

Clapp, J., Dauvergne P. 2011. *Paths to a Green World: The Political Economy of the Global Environment*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Cardenas, J.C., Stranlund, J., 2000. Local environmental control and institutional crowding-out. *World Development* 28(10): 1719-1733.

Clark, W. C., Dickson, N. M. 2003. Sustainability science: the emerging research program. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100 (14): 8059-8061.

Claassen, R. 2011. *Het huis van de vrijheid. Een politieke filosofie voor vandaag*. Amsterdam: Ambo.

Coenen, L., Benneworth, P., Truffer, B. 2012. Toward a spatial perspective on sustainability transitions. *Research Policy* 41:968-979.

Colander, D., Föllmer, H., Haas, A., Goldberg, M., Juselius, K., Kirman, A., Lux, T., Sloth B. 2009. The financial crisis and the systemic failure of academic economics. *Kiel Working Papers*, Number 1489. Kiel Institute for the World Economy.

Common, M. and Stagl, S. 2005. *Ecological Economics: An Introduction*. New York: Cambridge University Press.

Costanza, R. (ed) 1991. *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. New York: Columbia University Press.

Costanza, R., Wainger, L., Folke, C. and Mäler, K.-G. 1993. Modeling complex ecological economic systems, *BioScience* 43 (8): 545-555.

Costanza, R., Graumlich, L. J., Steffen, W, 2012. *Sustainability or Collapse: An integrated History and Future of People on earth*. Cambridge (UK): MIT Press.

- Courvisanos, J. 2009. Optimize versus satisfice: two approaches to an investment policy in sustainable development. In Holt, R.P.F., Pressman S. and Spash, C.L. (ed.) 2009 . *Post Keynesian and Ecological Economics. Confronting Environmental Issues*. pp.279-300.
- Crutzen, P.J. and Stoermer, E.F., 2000. The “Anthropocene”. *IGBP Newsletter*, 41: 17–18.
- Crutzen, P., 2002. Geology of mankind—The Anthropocene. *Nature* 415: 23.
- Daly, H. E. 1977. *Steady-State Economics*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Daly, H. E., Cobb, J. 1989. *For The Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*. Boston, MA: Beacon Press.
- Daly, H. E. 2005. Economics in a full world. *Scientific American* 293 (3): 100-107.
- Daly, H.E., Farley, J. 2011. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Washington, Island Press.
- Dasgupta, P. S., Heal, G. M. 1974. The optimal depletion of exhaustible resources. In *Review of Economic Studies: Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*, 3-28. Edinburgh: Longman.
- Dasgupta, P. S. 2001. *Human Well-being and the Natural Environment*. Oxford: Oxford University Press.
- David, P. A. 1985. Clio and the economics of QWERTY, *American Economic Review* 75(2): 332-337.
- Dedeurwaerdere, T. 2009. Social learning as a basis for cooperative small-scale forest management. *Small-scale Forestry* 8:193-209.
- Demeritt, D. 2000. The new social contract for science: accountability, relevance and value in US and UK science and research policy. *Antipode* 32 (3): 308-329.
- Desjardins, J. 2005. *Environmental Ethics*. London: Wadsworth.
- De Vroey, M. 2009. *Keynes, Lucas, d'une macroéconomie à l'autre*. Dalloz.
- Dietz, T., Ostrom, E., Stern, P.C. 2003. The struggle to govern the commons. *Science* 302: 1907-1912.
- Dietz, S. and Neumayer, E. 2007. Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. *Ecological Economics* 61 (4): 617-626.
- Earl, P. E., 2005. Economics and psychology in the twenty-first century. *Cambridge Journal of Economics* 29: 909-926.
- Ehrlich, P. 1968. *The Population Bomb*. New York: Ballantine Books.
- EIA. 2008. *International Energy annual 2006*. Washington DC: Energy Information Administration. Online at [www.eia.doe.gov/emeu/iea](http://www.eia.doe.gov/emeu/iea).

Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C. and De Groot, R. 2003. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics* 44: 165-185.

European Commission 2009. Challenging futures of science in society: Emerging trends and cutting-edge issues. *The MASIS Report*. Belgium: The European Communities.

European Union 2008. Council Conclusions on the Definition of A 2020 Vision for the European Research Area. Brussels: European Council.

Eurostat. 2001 *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: a methodological guide*. Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés Européennes.

Fadeeva, Z., Mochizuki, Y. 2010. Higher education for today and tomorrow: University appraisal for diversity, innovation and change towards sustainable development. *Sustainability Science* 5: 249-256.

Fischer-Kowalski, M., Rotmans, J. 2009. Conceptualizing, observing and influencing social-ecological transitions. *Ecology and Society* 14(2):3.

Fischer-Kowalski, M., Swilling, M. 2011. *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. Report for the International Resource Panel. Paris: United Nations Environment Programme.

Foray, D. 1997. The dynamic implications of increasing returns: Technological change and path dependent inefficiency. *International Journal of Industrial Organization* 15(6): 733-752.

Foster, J. 1997. The analytical foundations of evolutionary economics: From biological analogy to economic self-organisation. *Structural Change and Economic Dynamics* 8(4): 427-452.

Frey, B.S., Jegen, R. 2001. Motivation Crowding Theory. *Journal of Economic Surveys* 15(5):589-611

Funtowicz, S. and Ravetz, J. 1993. Science for the Post-Normal Age. *Futures* 25: 739-755.

Funtowicz, S. O., Martinez-Alier, J., Munda, G., Ravetz, J. 2002. Multicriteria-based environmental policy. In H. Abaza, A. Baranzini (eds) *Implementing Sustainable Development: Integrated Assessment and Participatory Decision-making Processes*, 53-77. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.

Galí, J., 2008. *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton: Princeton University Press.

Geels, F.W., Schot, J. 2007. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36: 399-417.

Gelcich, S., Edwards-Jones, G., Kaiser, M. J., Castilla, J. C. 2006. Co-management policy can reduce resilience in traditionally managed marine ecosystems. *Ecosystems* 9: 951-966.

George, C., Kirkpatrick, C. (eds) 2007. *Impact Assessment and Sustainable Development: European Practice and Experience*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Gibbons, M. 1999. Science's new social contract with society. *Nature* 402: C81.



- Goodland, R. and Daly, H. 1996. Environmental sustainability: Universal and non-negotiable. *Ecological Applications* 6 (4): 1003-1013.
- Gowdy, J., Giampietro, M., Ramos-Martin, J., Mayumi, K. 2009. Incorporating biophysical foundations in a hierarchical model of societal metabolism. In Holt R.P.F., Pressman, S. and Spash, C.L. (ed.), 2009. *Post Keynesian and Ecological Economics. Confronting Environmental Issues*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing , 203-220.
- Granato, J., Lo, M., Wong, S. M. C. 2010a. A framework for unifying formal and empirical analysis. *American Journal of Political Science* 54(3):783-797 .
- Granato, J., Lo, M., Wong, S. M. C. 2010b. The empirical implications of theoretical models (EITM): A framework of methodological unification. *Política y Gobierno* 17(1): 25-57.
- Grin, J., Rotmans, J., Loorbach, D. 2010. *Transitions to sustainable development. New directions in the study of long term transformative change*. New York: Routledge.
- Gunderson, L. H. 2003. Adaptive dancing: interactions between social resilience and ecological crises. In F. Berkes, J. Colding, C. Folke (eds) *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, xv-xxi. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hammer, M., Jansson, A.M., Jansson B.O. 1993. Diversity change and sustainability - implications for the fisheries. Stockholm: *Ambio* 22: 97-105.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* 162: 1243-1248 .
- Higgs, R. 1996. Legally induced technical regress in the Washington salmon fishery. In L. J. Alston, T. Eggertsson, D. C. North (eds) *Empirical Studies in Institutional Change* 247-279. New York: Cambridge University Press.
- Hinloopen, E., Nijkamp, P. 1990. Qualitative multiple criteria choice analysis: The dominant regime method. *Quality & Quantity* 24 (1): 37-56.
- Hiyama, A., Nohara, C., Kinjo, S., Taira, W., Shinichi, G., Tanahara A., Otaki, M. J. 2012. The biological impacts of the Fukushima nuclear accident on the pale grass blue butterfly. *Scientific Reports* 2: 570. DOI:10.1038/srep00570.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.
- Holling, C. S., Meffe, G. K. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology* 10: 328-337.
- Holling, C. S. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4: 390-405.
- Holling, C. S. 2003. Foreword: The backloop to sustainability. In F. Berkes, J. Colding, C. Folke (eds) *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, xv-xxi. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Holt, R. P. F., Spash, C. L. 2009. Post Keynesian and ecological economics: alternative perspectives on sustainability and environmental economics. In R. P. F. Holt, S. Pressman, C. Spash (eds) *Post Keynesian and Ecological Economics: Confronting Environmental Issues*, 3-24. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Hudon, M. 2008. Norms and Values of the Various Microfinance Institutions. *International Journal of Social Economics* 1-2, pp. 35-48
- Ignaciuk, A., Rice, M., Bogardi, J., Canadell, J. G., Dhakal, S., Ingram, J., Leemans, R., Rosenberg, M. 2012. Responding to complex societal challenges: A decade of Earth System Science Partnership (ESSP) interdisciplinary research. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4: 147-158.
- Illge, L., Schwarze, R. 2009. A matter of opinion - how ecological and neoclassical environmental economists and think about sustainability and economics. *Ecological Economics* 68(3): 594-604
- Ingram, J., Ericksen, P., Liverman, D. 2010. *Food Security and Global Environmental Change*. London: earthscan.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Fourth assessment report: climate change.
- Jackson, T. 2009a. *Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet*. London: earthscan
- Jackson, T., 2009b. *Prosperity without Growth? The Transition to a Sustainable Economy*. Published by the Sustainable Development Commission, UK.
- Jaeger, C. C., Tàbara, J. D. 2011. Concluding remarks. In C. C. Jaeger, J. D. Tàbara, J. Jaeger (eds) *European Research on Sustainable Development. Volume 1: Transformative Science Approaches for Sustainability* 205-208. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Jaeger, J. 2009. Sustainability Science in Europe. Paper prepared for DG Research, European Commission, Brussels. Available online. URL: [http://ec.europa.eu/research/sd/pdf/workshop-2009/background\\_paper\\_sust\\_science\\_workshop\\_october\\_2009.pdf](http://ec.europa.eu/research/sd/pdf/workshop-2009/background_paper_sust_science_workshop_october_2009.pdf)
- Jaeger, J. 2011. Risks and opportunities for sustainability science in Europe. In C. C. Jaeger, J. D. Tàbara, J. Jaeger (eds) *European Research on Sustainable Development. Volume 1: Transformative Science Approaches for Sustainability*, 187-203. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Jahn, T., Bergmann, M., Keil, F. 2012. Transdisciplinarity: between mainstreaming and marginalisation. *Ecological Economics* 79: 1-10
- Jasanoff, S., Colwell, R., Dresselhaus, M. S., Goldman, R. D., Greenwood, M. R. C. Huang, A., Lester, W., Levin, S. A., Linn, M. C., Lubchenco, J., Novacek, M. J., Roosevelt, A., Taylor, J. E., Wexler, N. 1997. Conversations with the Community: AAAS at the Millennium. *Science* 19: 2066-2067.
- Jerneck, A., Olsson, L., Ness, B., Anderberg, S., Baier, M., Clark, E., Hickler, T., Hornborg, A., Kronsell, A., Lövbrand, E., Persson, J. 2010. Structuring sustainability science. *Sustainability Science* 6: 69-82.
- Jones, P.T., Jacobs, R. 2007. *Terra Incognita. Globalisering, ecologie en rechtvaardige duurzaamheid*. 2<sup>nd</sup> edition. Gent: Academia Press.

- Juniper, J. 2009. Environmental innovation: a Post Keynesian interpretation. In Holt R.P.F., Pressman, S. and Spash, C.L. (ed.), 2009, *Post Keynesian and Ecological Economics. Confronting Environmental Issues*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing ,237-255.
- Kajikawa Y., Ohno, J., Takeda, Y., Matsushima, K., Komiyama, H. 2007. Creating an academic landscape of sustainability science: an analysis of the citation network. *Sustainability Science* 2: 221-231.
- Kajikawa, Y. 2008. Research core and framework of sustainability science. *Sustainability Science* 3: 215-239.
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M. 2001. Sustainability science. *Science* 292: 641-2.
- Komiyama, H., Takeuchi, K. 2006. Sustainability science: building a new discipline. *Sustainability Science* 1: 1–6.
- Krahnen, J. P. 2005. Der handel von kreditrisiken: eine neue dimension des kapitalmarktes. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 6: 499-519.
- Krahnen, J. P., Wilde, C. 2006. *Risk transfer with CDOs and Systemic Risk in Banking*. Center for Financial Studies. WP 2006-04. Frankfurt.
- Krishnan, R., Harris, J.M. and Goodwin, N.R. 1995. *A Survey of Ecological Economics*. Washington, D.C. and Covelo, California: Island Press.
- Krugman, P. 2009. How Did Economists Get It So Wrong? *New York Times Magazine*, 2 September 2009.
- Kydland et Prescott, 1982. Time to Build and Aggregate Fluctuations. *Econometrica* 50 (6): 1345–1370.
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., Thomas, C. J. 2012. Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science* 7: 25-43.
- Larigauderie, A., Mooney, H. A. 2010. The intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services: moving a step closer to an IPCC-like mechanism for biodiversity. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2: 1–6
- Larkin, P. A. 1977. An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Transactions of the American Fisheries Society* 106: 1-11.
- Latour, B. 1993. *We Have Never Been Modern*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Laurent, E. 2011. Faut-il décourager le découplage ? In économie du développement durable. *Revue de l'OFCE - Débats et politiques* 120 : 235-257.

- Lawn, P., Sanders, R. 1999. Has Australia surpassed its optimal macroeconomic scale: Finding out with the aid of “benefit” and “cost” accounts and a sustainable net benefit index. *Ecological Economics* 28: 213-229.
- Lawton, J. 2001. Earth System Science. *Science* 292 (5524): 1965.
- Layard, R. 2005. *Happiness: Lessons from a New Science*. London: Penguin.
- Leijonhufvud, A., 1997. The Wicksellian Heritage. *Economic Notes* 26(1), pp. 1-10.
- Lohmann, S. 2007. The trouble with multi-methodism. *Qualitative Methods*, newsletter of the American Political Science Association organized section on qualitative methods 5(1) Spring: 13–17.
- Loorbach, D. 2007. *Transition Management: New Mode of Governance for Sustainable Development*. Utrecht: International Books.
- Loorbach, D., Rotmans, J. 2006. Managing transitions for sustainable development, in X. Olsthoorn and A.J. Wieczorek (eds) *Industrial Transformation – disciplinary approaches towards transformation research*. Dordrecht: Springer, pp. 187-206.
- Lucas, R. 2009. In defence of the dismal science. *The Economist*, 6 August.
- Lugo, A. 1995. Management of tropical biodiversity. *Ecological Applications* 5: 956-961.
- Maréchal, K. 2007. The economics of climate change and the change of climate in economics. *Energy Policy* 35(10): 5181-5194.
- Maréchal K. 2010. Not irrational but habitual: the importance of ‘behavioural lock-in’ in energy consumption. *Ecological Economics* 69(5): 1104-1114.
- Maréchal, K. 2012. *The Economics of Climate Change and the Change of Climate in Economics*. London: Routledge.
- Matson, P. 2009. The sustainability transition. *Issues Sci Technol* 25(4): 39-42.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. In R. Hassan, R. Scholes, N. Ash (eds) *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, Vol. 1. Washington DC: Island Press.
- Mearman, A. 2005. Why have post-Keynesians had (relatively) little to say on the economics of the environment? *International Journal of Environment, Workplace and Employment* 1 (2): 131-154.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.W. 1972. *The Limits to Growth*. New York, Universe Books.
- Mirowski, P. 1989. *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*. Cambridge University Press.
- Milanovic, B. 2002. True world income distribution, 1988 and 1993: First calculation based on household surveys alone, *The Economic Journal* 112: 51-92.

- Mokyr, J. 2002. *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy*. Princeton: Princeton University Press.
- Munda, G. 1995. *Multicriteria Evaluation and a Fuzzy Environment. Theory and Applications in Ecological Economics*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Muraca, B. 2012. Towards a fair degrowth-society: Justice and the right to a 'good life' beyond growth. *Futures* 44: 535-545.
- Muth, J. F. 1961. Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica* 29(3): 315-335.
- National Academies, 2004. Facilitating interdisciplinary research. Report of the Committee on Facilitating Interdisciplinary Research, Committee on Science, Engineering, and Public Policy National Academies. Washington: National Academy Press.
- National Footprint Accounts, 2012. Published online at [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint\\_data\\_and\\_results/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_data_and_results/) (accessed online 22 August).
- Nelson, R.R., Winter, S.G. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nijkamp, P., Rietveld, P., Voogd H. 1990. *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*. Amsterdam: North-Holland.
- Norgaard, R. B. 1989. The case for methodological pluralism. *Ecological Economics* 1: 37-57.
- Norgaard, R. B. 1994. *Development Betrayed: The End of Progress and a Co-Evolutionary Revisioning of the Future*. New York: Routledge.
- Norgaard, R. B. 2009. The environmental case for a collective assessment of economism. In R.P.F.Holt, S. Pressman, C. L. Spash (eds) *Post Keynesian and Ecological Economics: Confronting Environmental Issues*, 114-138. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- North, D. 2010. *Understanding the Process of Economic Change*. Princeton: Princeton University Press.
- OECD 2011. *Divided We Stand: Why Inequality Keeps Rising*. Paris: OECD Publishing.
- O'Neill and Spash, 2000. Conceptions of Value in Environmental Decision Making. *Policy Research Brief on Environmental Valuation in Europe* (4), 18 pp.
- Onuki, M. and Mino, T. 2009. Sustainability education and a new master's degree, the master of sustainability science: the Graduate Program in Sustainability Science (GPSS) at the University of Tokyo, *Sustainability Science* 4(1): 55-59.
- Orecchini, F., Valitutti, V., Vitali, G. 2012. Industry and academia for a transition towards sustainability: advancing sustainability science through university–business collaborations *Sustainability Science* 7 (1): 57–73

- Osberg, L. Sharpe, A. 1998. *An Index of Economic Well-being for Canada*, Applied Research Branch Strategic Policy Human Resources Development Canada, 100p.
- Ostrom, E. 2005. *Understanding institutional diversity*. Princeton: Princeton University Press.
- Ostrom, E. 2007. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104 (39): 15181-15187.
- Ostrom, E., Janssen, M. A., Anderies, J. M. 2007. Going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104 (39): 15176–15178.
- Padilla, F., 2012. The global financial crisis as an ecological crisis: a perspective on macroeconomic resilience and social innovations. Manuscript with the author, 7pp.
- Paredis, E. 2011. Transition management as a form of policy innovation. A case study of Plan C, a process in sustainable materials management in Flanders. *Working Paper of the Flemish Policy Research Centre on Sustainable Development n°26*, October.
- Pasinetti, L.L. 1981. *Structural Change and Economic Growth: A Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of Nations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Patterson, M., Glavovic, B. 2012. From frontier economics to an ecological economics of the oceans and coasts. *Sustainability Science* DOI 10.1007/s11625-012-0168-2 (published online 6 March).
- Pauwels, E. 2011. The value of science and technology studies (STS) to sustainability research: a critical approach toward synthetic biology promises. In C. C. Jaeger, J. D. Tàbara, J. Jaeger (eds) *European Research on Sustainable Development. Volume 1: Transformative Science Approaches for Sustainability* 111-135. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Pearce, D., Markandya, A., and Barbier, E.B.. 1989. *Blueprint for a Green Economy*. London: earthscan.
- Perrings, C. 2007. Future challenges. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104 (39): 15179–15180.
- Pohl, C. , Hirsch Hadorn, G. 2006. *Gestaltungsprinzipien für die Transdisziplinäre Forschung – ein Beitrag des td-net*, München: oekom.
- Polishchuk, Y., Rauschmayer, F. 2012. Beyond “benefits”? Looking at ecosystem services through the *capability* approach. *Ecological Economics* 81: 103-111.
- Popa, F., Guillermin, M., Dedeurwaerdere, T. 2012. Methodological approaches to social-ecological systems. Manuscript with the authors.
- Poteete, A.R., Janssen, M.A., Ostrom, E. 2010. *Working Together: Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice*. Princeton: Princeton University Press.
- Rapport, D. J. 2007. Sustainability science: an ecohealth perspective. *Sustainability Science* 2 (1): 77-84.

- Ravetz, J. R. 1990. Usable knowledge, usable ignorance: incomplete science with policy implications. In J. R. Ravetz (ed) *The Merger of Knowledge with Power*, London: Cassell.
- Reeson, A. 2008 Institutions motivations and public goods, socio-economics and the environment in discussion. *CSIRO Working Chapter Series*.
- Reid, W. V., Chen, D., Goldfarb, L., Hackmann, H., Lee, Y.T., Moxhe, K., Ostrom, E., Raivio, K., Rockström, J., Schellnhuber, H.J., Whyte, A. 2010 Earth System Science for Global Sustainability: Grand Challenges. *Science* 330 (6006): 916-917.
- Richter, A., van Soest, D. 2012. Global environmental problems, voluntary action and government intervention. In *Global Environmental Commons: Analytical and Political Challenges in Building Governance Mechanisms*, ed. Brousseau, E., Dedeurwaerdere, T., Jouvet, P.A., Willinger, M. Oxford: Oxford University Press.
- Rihoux, B. and Ragin, Ch., 2009. *Configurational Comparative Methods*. Los Angeles: Sage.
- Ringquist, E. J. 2004. Environmental Justice. In R. F. Durant, D. J. Fiorino, R. O' Leary (eds) *Environmental Governance Reconsidered: Challenges, Choices and Opportunities*, 255-287. Cambridge Mass., London England: MIT Press.
- Rifkin, J. 2011. *The Third Industrial Revolution*. New York: Pallgrave MacMillan.
- Rip, A. 1997. A cognitive approach to the relevance of science, *Social Science Information* 36(4): 615-640.
- Rodemeyer, M. 2009. New life, old bottles: Regulating first-generation products of synthetic biology. *Synbio* 2. Washington, DC: Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- Rotmans, J., Kemp, R., Van Asselt, M. 2001. More evolution than revolution: Transition management in public policy. *Foresight* 3(1): 15-31.
- Saunders, H. 1992. The Khazzom-Brookes postulate and neoclassical growth. *Energy Journal* 13: 131-148.
- Schiellerup, P., Chiavari, J., Bauler, T., Grancagnolo, M. 2009. Climate change mitigation policies and social justice in Europe - an exploration of potential conflicts and synergies. *Discussion Paper, King Baudouin Foundation*.
- Schneidewind, U, 2010. Ein institutionelles Reformprogramm zur Förderung transdisziplinärer Nachhaltigkeitsforschung. *GAIA* 19(2): pp. 122-128.
- Scholz, R. W., Lang, D., Wiek, A., Walter, A. I., Stauffacher, M. 2006. Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning: Historical framework and theory. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 7 (3): 226-251.
- Schoolman, E. D., Guest, J. S., Bush, K. F., Bell, A. R. 2012. How interdisciplinary is sustainability research? Analyzing the structure of an emerging scientific field. *Sustainability Science* 7: 67-80.



- Sébastien, L., Bauler, T., Lehtonen, M. 2012. Can Indicators fill the Gap between Science and Policy? An Exploration of the (non) Use and (non) Influence of Indicators in EU and UK Policymaking. *POINT (Policy Influence of indicaTors) Working Paper (EU-FP7 / DG RTD)*, Brussels.
- Sethi, R., 2012. Market ecology and the economics of crisis. An essay in honor of Duncan Foley, presented at the Symposium in honor of Duncan Foley, Columbia University, 20-21 April.
- Sharif, N. 2006. Emergence and development of the National Innovations System concept. *Research Policy* 35: 745-766.
- Shiva, V. 2011. Equity: the shortest way to global sustainability. In C. C. Jaeger, J. D. Tàbara, J. Jaeger (eds) *European Research on Sustainable Development. Volume 1: Transformative Science Approaches for Sustainability* 23-27. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Shriberg, M. 2002. Institutional assessment tools for sustainability in higher education: strengths, weaknesses, and implications for practice and theory. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 3 (3): 254–270.
- Siegel, S., Ahram, A., Azari, J., Chhatre, A., Coggins, B., Grittersova, J., Ingram, M., Lieber, M., Metelits, C., Pepkinsky, T., Pieper, A., Sasikumar, K., Singh, P. 2007. Trends in multi-method research: sailing ahead, reckoning with old risks and new. *Qualitative Methods* 5(1) Spring: 24-28.
- Simon, H. 2000. Public administration in today's world of organizations and markets. *Political Science and Politics* 33:749-756.
- Sober, E. 1986. Philosophical problems for environmentalism. In B. Norton (ed) *The Preservation of Species*, 173-194. Princeton: Princeton University Press. Reprinted in R. Elliot (ed) *Environmental Ethics*, 1994, Oxford: Oxford University Press and in D. Schmidtz, E. Willott (eds) *Environmental Ethics*, 2004, Oxford: Oxford University Press.
- Solow, R. M. 1974. Intergenerational equity and exhaustible resources. In *Review of Economic Studies: Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*, 29-45. Edinburgh: Longman.
- Spash, C. L. 1998. Investigating individual motives for environmental action: Lexicographic preferences, beliefs, attitudes. In J. Lemons, L. Westra, R. Goodland (eds) *Ecological Sustainability and Integrity: Concepts and Approaches*, 46-62. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Spash, C. L. 2000. Multiple value expression in contingent valuation: economics and ethics. *Environmental Science Technology* 34 (8): 1433-1438.
- Spash, C. L. 2011. Terrible economics, ecosystems and banking. *Environmental Values* 20 (2):141-145.
- Spash, C. L. 2012. New foundations for ecological economics. *Ecological Economics* 77: 36-47.
- Srinivasan, U. T., Carey, S. P., Hallstein, E., Higgins, P. A. T., Kerr, A. C, et al. 2008. The debt of nations and the distribution of ecological impacts from human activities. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105: 1768-1773.

Stagl, S. 2012. Value articulating institutions and changing social preferences. In E. Brousseau, T. Dedeurwaerdere, B. Siebenhüner (eds) *Reflexive Governance for Global Public Goods*, 225-240. Cambridge Mass., London England: MIT Press.

Stamm, A., Dantas, E., Fischer, D., Ganguly, S., Rennkamp, B. 2009. *Sustainability Oriented Innovation Systems: Toward Decoupling Economic Growth from Environmental Pressures?* Bonn: German Development Institute.

Steffen, W., W., Sanderson, R.A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.-J., Turner, B.L., Wasson, R.J. 2004. *Global Change and the earth System: A Planet under Pressure*. New York, USA: Springer-Verlag.

Stern, P.C. 2011. Design principles for global commons: natural resources and emerging technologies. *International Journal of the Commons* 5(2): 213-232.

Stiglitz, J. E., Sen, A., Fitoussi, J.-P. 2009. Report by the Commission on the measurement of economic performance and social progress.

Stokes, D. E. 1997. *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington, DC: Brookings Institution.

Sulston, J. 2003. Beyond release: the equitable use of genomic information. *The Lancet*, 362 (9381): 400-402.

Swilling, M., Anneck, E. 2012. *Just Transitions. Explorations of sustainability in an unfair world*. Tokyo: United Nations University Press.

Thiry, G. 2012. Au-delà du PIB: Un tournant historique. Enjeux méthodologiques, théoriques et épistémologiques de la quantification. Doctoral thesis, available online at <http://hdl.handle.net/2078.1/111496>.

ULSF (University Leaders for a Sustainable Future), 2011. *Talloires Declaration*. Washington, DC: Association of University Leaders for a Sustainable Future.

UNEP 2011. Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. [URL:http://www.unep.org/greeneconomy/GreenEconomyReport/tabid/29846/Default.aspx](http://www.unep.org/greeneconomy/GreenEconomyReport/tabid/29846/Default.aspx).

UNESCO 1984. *Activities of the UNESCO-UNEP International Environmental Education Program (1975-1983)*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

United Nations 2010. *Population Division, World Population Prospects: the 2010 Revision*. New York: UN.

United Nations Centre for Human Settlements. 2003. *The Challenge of slums: global Report on Human Settlements*. London: Earthscan.

United Nations Development Programme. 1998. *Human Development Report 1998*. New York: United Nations Development Programme.

- Unruh, G. 2000. Understanding carbon lock-in. *Energy Policy* 28: 817-830.
- Unruh, G. 2002. Escaping carbon lock-in. *Energy Policy* 30: 317-325.
- van den Bergh, J. C. J. M. 2007. Abolishing GDP. *TI Discussion Paper No. 07-019/3*. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=962343> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.962343>.
- van den Bergh, J. C. J. M. 2009. The GDP paradox. *Journal of Economic Psychology* 30 (2): 117-135.
- van den Bergh, J. C. J. M. 2010. Externality or sustainability economics? *Ecological Economics* 69(11): 2047-2052.
- van den Bergh, J. C. J. M. 2011. Environment versus growth: A criticism of “degrowth” and a plea for “a-growth”. *Ecological Economics* 70: 881-890.
- van der Leeuw, S., Wiek, A., Harlow, J., Buizer, J. 2012. How much time do we have? Urgency and rhetoric in sustainability science, *Sustainability Science* 7 (1): 115-120.
- Vatn, A. 2005. *Institutions and the Environment*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Vatn, A. 2009. Combining Post Keynesian, ecological and institutional economics perspectives. In R.P.F. Holt, S. Pressman, C. L. Spash (eds) *Post Keynesian and Ecological Economics: Confronting Environmental Issues*, 114-138. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Veblen, T. 1898. Why is economics not an evolutionary science? *The Quarterly Journal of Economics* 12(4): 373-397.
- Velazquez, L., Munguia, N., Sanchez, M. 2005. Deterring sustainability in higher education institutions: an appraisal of the factors which influence sustainability in higher education institutions. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 6 (5): 383–391.
- Videras, J., Owen, A. L., Conover, E., Wu, S. 2012. The influence of social relationships on pro-environment behaviors. *Journal of Environmental Economics and Management* 63: 35–50.
- Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenko, J., and Melillo, J., 1997. Human domination of the earth’s ecosystems. *Science* 277(5325): 494–9.
- Vohland, K., Mlambo, M. C., Domeignoz Horta, L., Jonsson, B., Paulsch, A., Martinez, S. I. 2011. How to ensure a credible and efficient IPBES? *Environmental Science & Policy* 14: 1188-1194.
- Von Weizsaecker E. U., Young, O., Finger, M. 2005. *Limits to Privatisation*. London: earthscan.
- Walras, L., 1874. *Éléments d'économie politique pure, ou théorie de la richesse sociale* (Elements of Pure Economics, or the theory of social wealth, transl. W. Jaffé).
- Walters C. J., Maguire J, 1996. Lessons for stock assessment from the northern cod collapse, *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6:125–137.
- Walters, C. J. 1997. Challenges in adaptive management of riparian and coastal ecosystems. *Conservation Ecology* [online] 1(2):1. Available online. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss2/art1/>

Watson, R. T., Wakhungu, J., Herren, H.R. 2008. Agriculture at a Crossroads. *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAAST)*. [http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads\\_Global%20Summary%20for%20Decision%20Makers%20\(English\).pdf](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Global%20Summary%20for%20Decision%20Makers%20(English).pdf)

WCED (World Commission on Environment and Development) 1987. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.

Weaver, P. M., Jansen, J. L. 2004. Defining and evaluating “science for sustainability”. Paper presented at the International Conference on Sustainability Engineering and Science, Auckland, July 2004. URL: <http://www.thesustainabilitysociety.org.nz/conference/2004/Session5/63%20Weaver.pdf>

Weaver, P. M., Rotmans, J. 2006. Integrated sustainability assessment: what is it, why do it and how? *International Journal of Innovation and Sustainable Development* 1 (4): 284-303.

Weaver, P.M. 2011. Pragmatism and pluralism: Creating clumsy and context-specific approaches to sustainability science in European research on sustainable development. Volume 1: *Transformative Science Approaches for Sustainability*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag: 173-186.

Weber, K. M., Rohracher, H. 2012. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. *Research Policy* 41 (6): 1037-1047.

Wiek, A., Withycombe, L., Redman, C. L. 2011. Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science* 6: 203-218.

Wiek, A., Ness, B., Schweizer-Ries, P., Brand, F. S., Farioli, F. 2012. From complex systems analysis to transformational change: A comparative appraisal of sustainability science projects. *Sustainability Science* 7 (1): 5-24.

Wiesmann, U., Hirsch Hadorn, G., Hoffmann-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher, W., Joye, D., Pohl, C., Zemp, E. 2008. Enhancing Transdisciplinary Research: A Synthesis in Fifteen Propositions, in *Handbook of Transdisciplinary Research*, G. Hirsch Hadorn, H. Hoffmann-Riem, S. Biber-Klemm, W. Grossenbacher, D. Joye, C. Pohl, U. Wiesmann und E. Zemp, Editors, Dordrecht: Springer, pp. 433-441.

Witt, U. 2004. On the proper interpretation of “evolution” in economics and its implications for production theory. *Journal of Economic Methodology* 11(2): 124-146.

Wright, T. 2004. The evolution of sustainability declaration in higher education. In P. B. Corcoran, A. E. J. Wals (eds) *Higher Education and the Challenge of Sustainability: Problematics, Promise, and Practice*, 7-20. Dordrecht: Kluwer.

Wynne, B. 2007. Public participation in science and technology: Performing and obscuring a political-conceptual category mistake. *East Asian Science, Technology and Society* 1(1): 99-110.

Yarime, M. 2011. Exploring sustainability science: knowledge, institutions, and innovation. In H. Komiyama, K. Takeuchi, H. Shiroyama, T. Mino (eds) *Sustainability Science: A Multidisciplinary Approach*, 98-111. Tokyo: United Nations University Press.

Yarime, M., Trencher, G., Mino, T., Scholz, R. W., Olsson, L., Ness, B., Frantzeskaki, N., Rotmans, J. 2012. Establishing sustainability science in higher education institutions: Towards an integration of academic development, institutionalization, and stakeholder collaborations. *Sustainability Science* 7, (1): 101-113.

Young, O. R. 2002. *The Institutional Dimensions of Environmental Change: Fit, Interplay, Scale*. Cambridge, MA: The MIT Press.