

Les savoirs de l'environnement : tensions lexicales, recouvrements théoriques, écarts conceptuels.

Laboratoire : Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques
(Université Paris I Sorbonne)

Directeur : Professeur Jean Gayon

Responsable du projet : Philippe Huneman (DR)

Introduction : l'argument du projet.

Aujourd'hui, le terme *d'environnement* est le commun dénominateur de discours et de pratiques dont on pense à première vue qu'ils portent sur le même objet. Pourtant, quoi de commun, exactement, entre protection de l'environnement, éthique environnementale, droit de l'environnement, interactions gènes-environnement, influence de l'environnement, dégradation de l'environnement via le changement climatique, ou encore le succinct et sibyllin « environnementalisme » ?

Le présent projet entend construire une analyse de ce qu'on pourrait nommer le *champ de l'environnemental* : repérer les convergences sémantiques, les équivocités, les différentes logiques discursives et les références à des cultures épistémiques distinctes traversant et structurant la pluralité des discours et pratiques qui sous une forme ou une autre se disent traiter de « l'environnement ». Il vise à contribuer à dissoudre un certain nombre d'incompréhensions ou de problèmes artificiels nés de la conflation de logiques ou de significations différentes, à formuler les problèmes spécifiques sur lesquelles une vraie approche interdisciplinaire peut être construite, et enfin à identifier les ressources susceptibles d'être mobilisées pour les traiter.

Il s'agit donc d'un projet intrinsèquement philosophique, au sens où l'analyse conceptuelle y est la démarche motrice. A celle-ci s'adjoignent un questionnement historique sur la genèse du champ considéré, et en particulier sur la généalogie des déplacements et transferts sémantiques, ainsi qu'une composante sociologique qui

visé à éclairer à la fois la relation des acteurs aux discours, des types d'intérêts aux acteurs et finalement des discours aux pratiques : par exemple, qui parlera d'effets de l'environnement, dans quel but et sous quelles conditions économiques et sociales ? En ce sens le projet sera mené par des philosophes des sciences, conjointement avec des historiens des sciences et des techniques, des sociologues, et en partenariat avec les agents eux-mêmes qui se situent dans le champ de l'environnemental : sujets théoriques, comme des écologues, des biologistes de la conservation, ou des économistes de l'environnement ; sujets pratiques, comme des ingénieurs écologues, des juristes, des praticiens de la restauration de sols, des ingénieurs des eaux et forêts – et enfin, agents institutionnels : représentants d'organismes comme la FRB (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité), le GIEC (Groupe intergouvernemental d'étude du climat), etc., ces agents se déployant selon une gamme qui va de l'étatique et de l'ONG à la sphère privée : bureau d'études, etc. L'hétérogénéité de ces types d'agents illustre en quelque sorte déjà le besoin d'une langue commune, et l'urgence de la question de la communauté conceptuelle, lexicale et axiologique qui unirait ces agents. (La partie 4 présente le réseau de chercheurs et d'institutions qui sera intéressé au projet ; la liste en est ouverte et non exhaustive).

Le projet se construira autour de trois volets : disciplinaire, conceptuel, et pragmatique (au sens de la philosophie du langage). L'investigation générale du champ de « l'environnemental » se concentrera sur deux types d'objets, appelés « objets-clés », pour lesquels l'ensemble des questions de recherche seront mises en jeu : la *biodiversité* – notions, représentations, pratiques – et la restauration des écosystèmes ou *l'ingénierie écologique*.

Dans la suite, nous développons chacun des axes du projet, en insistant sur le traitement des objets-clés. La quatrième partie explicite le contexte institutionnel dans lequel le projet sera mis en œuvre et les partenaires pressentis ; elle explicitera le rôle structurant du laboratoire IHPST. Suivra une description succincte des activités de l'IHPST pour expliquer comment le présent projet s'intégrera dans le projet du laboratoire et ses activités 2014-2017. Dans un dernier temps seront exposés un calendrier, une spécification des actions envisagées et un profil de l'équipe conçue pour mener à bien le projet. L'annexe explicite le profil du post-doc recruté sur contrat Germaine Tillion pour exécuter une grande partie du projet.

A. Axe 1. Disciplines de l'environnement.

A.1. Cartographie.

Dans un premier temps le projet vise à une spécification disciplinaire de l'ensemble des acteurs du champ de l'environnemental. Cette cartographie disciplinaire s'impose comme entreprise distincte de - et préalable à - la cartographie conceptuelle. Préalable, parce qu'elle permettra de repérer les principaux discours sur l'environnement ; distincte, car la première entreprise sera plus attentive aux logiques propres des disciplines dans lesquelles il est question d'environnement, à la manière dont l'idée d'environnement s'articule avec l'arrière-plan méthodologique et intellectuel de chaque discipline, tandis que l'analyse conceptuelle qui suivra s'intéressera à des niveaux d'analyse tantôt plus fins (l'environnement ou la biodiversité sont-ils utilisés de la même manière par l'ensemble des acteurs d'une

discipline apparemment unifiée ?), tantôt plus transversaux (un dialogue ou une intégration des différents discours sur l'environnement est-il possible ?).

Le constat de l'importance croissante que l'environnement prend dans des disciplines allant de l'écologie des communautés au droit en passant par l'histoire et l'anthropologie s'accompagne de celui sur l'apparente absence d'une « discipline de l'environnement » où résideraient l'ensemble des problèmes importants. La montée en puissance de « l'environnement » semble contemporaine d'appels sans cesse renouvelés à l'interdisciplinarité : interdisciplinarité entre biologistes, chimistes et physiciens, interdisciplinarité entre biologistes et géologues, interdisciplinarité entre économistes et sociologues, anthropologues et philosophes, etc. Le cas de l'environnement est intéressant dans la mesure où précisément l'on n'a pas assisté – ou on a assisté dans une faible mesure – à la création de disciplines nouvelles, hybrides des précédentes (comme l'ont été biophysique ou biogéologie, etc.) qui s'attelleraient à résoudre des problèmes ou des difficultés qu'une discipline unique ne saurait embrasser seule. L'environnement semble résister à cette logique d'intégration disciplinaire et une part importante des problèmes, pour l'essentiel internes à chaque discipline, ne paraît pouvoir être résolue par la simple mise en commun de savoirs et de pratiques au sein des « sciences de l'environnement ».

Que des échanges aient lieu d'une discipline à l'autre, c'est indéniable : ainsi, la biologie et les sciences de la Terre se nourrissent l'une l'autre de leurs méthodes et savoirs respectifs, l'histoire environnementale ne saurait faire l'économie de certaines productions des sciences naturelles, etc. Au-delà de la simple identification des disciplines qui intègrent l'environnement, il s'agira d'étudier d'une part l'origine historique de cette attention portée à l'environnement, d'autre part de comprendre les difficultés, propres à chaque discipline, que « l'environnement » soulève, d'étudier enfin la manière dont le terme et ce qu'il véhicule circulent d'une discipline à l'autre.

A.2. Histoire.

Cette cartographie disciplinaire ne saurait se passer d'une étude historique minimale sur les diffractions de « l'environnement » depuis l'introduction du terme par Spencer. C'est sans doute dans le cœur du 19^e siècle que prennent racine les problèmes auxquels font face les disciplines contemporaines. En des termes plus explicites, le présent projet part de l'idée que les origines des débats sur l'environnement, le moment et les raisons pour lesquelles l'« environnement » apparaît et devient une catégorie centrale à la biologie, à la philosophie, aux sciences de la Terre, à l'histoire, aux sciences sociales, doivent être cherchés plus en profondeur que dans les seules années 1960 et 1970 et dans la publication en 1962 du *Printemps Silencieux*, ce livre de Rachel Carson que l'on crédite d'avoir lancé le mouvement écologique. C'est en effet au 19^e siècle que l'on assiste à la transition de facteurs singuliers (le climat) à des termes pluriels plus généraux (les « circonstances ») pour aboutir à un concept abstrait (l'environnement) permettant aux sciences biologiques d'envisager « l'environnement » comme une cause unifiée (Pearce, 2010). Quelles sont les conséquences disciplinaires de cette unification d'une diversité de facteurs et de cette abstraction progressive qui mènent au terme « d'environnement » ? Quelles sont les conséquences ensuite de l'ajout par Spencer d'une dimension « sociale » aux facteurs physiques et biologiques qui prévalaient jusque-là (de Humboldt à Darwin, en passant par Cuvier et Lamarck) ?

Clairement, en psychologie, il existe une ligne de pensée qui part de la prise en compte de l'importance constitutive de l'environnement dans la constitution et la définition des faits mentaux : Spencer ici est une figure inaugurale, et la tradition va passer par le pragmatisme des années 1920, de James et surtout Dewey, par la figure aujourd'hui de plus en plus réévaluée de Gibson, et aboutit à ce qu'on appelle de nos jours « embodied mind » ou « situated cognition » (Shapiro 2010). Le philosophe Peter Godfrey-Smith appelle « externalisme » les schèmes d'explication qui comprennent la nature d'un système à partir de son environnement ; il montre comment cet externalisme caractérise aussi bien certaines écoles en biologie (le darwinisme avant tout) et en psychologie (le pragmatisme) et consacre une longue analyse à ce mouvement qui va de Spencer au pragmatisme (Godfrey Smith 1996). L'externalisme en psychologie donne un rôle constitutif à l'environnement, et différentes écoles et courants en sciences cognitives se caractériseront par leur manière d'y souscrire. Ils contribuent à définir la place du sujet humain dans ce qu'on a appelé ici le champ de l'environnemental, objet de nos analyses.

A.3. Logiques disciplinaires : un environnement à géométrie variable

La cartographie contemporaine visera ensuite à identifier et repérer les logiques propres des disciplines qui ont d'une manière ou d'une autre à traiter de l'environnement. Les sciences de la nature prennent comme point de départ l'environnement comme environnement d'un, de plusieurs, ou de l'ensemble des *organismes* soit pour mieux comprendre l'un des termes de la relation, soit pour comprendre le système « organisme(s)environnement » en tant que tel ou bien la nature des relations qui lient les deux composants du système. Dans le premier cas, on s'attachera à expliciter « l'organisme » ou « les organismes » pour la biologie de l'évolution, la biologie des populations, la biologie des communautés et de la conservation, ou bien on se centrera sur « l'environnement » pour les océanographes, les chimistes de l'atmosphère, hydrologues, géomorphologues, biogéologues, etc. Dans le second cas, de l'écologie des écosystèmes aux sciences du système Terre héritières de l'hypothèse Gaïa et de la cybernétique d'après-guerre, on élaborera des cadres conceptuels pour saisir la dynamique de l'interaction entre les deux termes. L'environnement des sciences de la nature, pris dans des logiques disciplinaires différentes, apparaît ainsi tantôt comme facteur explicatif extérieur, tantôt comme objet propre et central de la discipline concernée, tantôt comme un élément que l'on ne peut isoler d'un système plus large.

Dans les sciences humaines les choses présentent des problèmes analogues même s'ils ne sont pas identiques. Chez les historiens, l'intégration des bases matérielles sur lesquelles reposent les sociétés humaines (l'environnement est ici avant tout l'environnement des « Hommes ») soulève des questions tant sur le partage des facteurs explicatifs (Pomeranz 2000, Diamond 1997) que sur l'objet même des historiens (l'histoire environnementale peut-elle par exemple aller jusqu'à faire des « histoires sans les hommes » ?, Locher et Quenet 2009) ainsi que sur la pertinence qu'il y aurait à séparer la temporalité des faits naturels de celle des faits économiques et sociaux (Chakrabarty 2009). La récente mise en récit historique, par des géologues, d'une nouvelle époque géologique dont les hommes sont les principaux acteurs (l'anthropocène) ne fait pas que bousculer la temporalité historique, elle impose également un récit historique donné, occultant des récits alternatifs (Bonneuil et Fressoz 2013). Ailleurs, chez les anthropologues, c'est l'existence même d'un « environnement », ou plutôt le partage, la dichotomie entre un environnement et ce

qui est environné, entre la nature et la culture, qui apparaît comme problème central (Descola 2005, Latour 1991, 1999). L'éthique environnementale et la philosophie de l'environnement se sont quant à elles intéressées à la question de savoir si « l'environnement » ou si « des parties de l'environnement », soit des entités non-humaines, peuvent avoir un statut moral et politique et sur les difficultés soulevées par toute éthique qui ne soit pas anthropocentrée (Millstein 2013).

Ainsi, il s'agit moins d'« une » ou « de » sciences ou « disciplines » de l'environnement aujourd'hui émergentes, que de *déplacements* et de remises en question internes à différentes disciplines préexistantes.

(i) Ces déplacements parfois sont la conséquence d'une prise en considération de l'environnement comme objet : l'histoire quand elle voit sa temporalité et ses récits bouleversés, l'éthique environnementale quand elle confronte une éthique anthropocentrée à des problématiques environnementales, le droit quand sous la pression des nouveaux types de conflits et des enjeux techniques récents se doit de faire une place à l'environnemental dans ses catégories.

(ii) Parfois au contraire de tels déplacements résultent d'une réflexion directe sur l'environnement, catégorie qui semblait pourtant aller de soi, et sur la pertinence du dualisme qui lui est sous-jacent : l'anthropologie avec Latour ou Descola doute de la modernité, la biologie et les sciences de la Terre abritent des controverses sur ce qu'il faut inclure, précisément, dans l'environnement ou sur la pertinence qu'il y a à séparer un organisme ou une population de son environnement.

A.4 Disciplines de la biodiversité.

L'appartenance d'un terme à des logiques disciplinaires différentes fait ainsi jouer à « l'environnement » des rôles différents. Or, on retrouve quelque chose de similaire pour la « biodiversité ». Pour la biologie de l'évolution et certaines branches de l'écologie, la biodiversité est une *propriété* centrale du monde biologique dont il faut rendre compte, d'une part en en faisant l'histoire, de l'autre en dégageant les processus centraux qui sont à l'origine de son augmentation ou de sa diminution dans des contextes tantôt locaux, tantôt globaux, tantôt contemporains, tantôt historiques. D'une propriété à expliquer elle devient un facteur explicatif central lorsque l'on se tourne vers l'écologie fonctionnelle ; la diversité d'un système influant sur la stabilité (la résilience, la résistance) de celui-ci (Tilman et al. 1996, 1997, McCann 2000). On retrouve ici les différents rôles que l'on avait aperçus pour l'environnement : *tantôt facteur explicatif, tantôt propriété à expliquer*. Comprendre la structuration disciplinaire du champ de l'environnemental implique alors de saisir la dualité intrinsèque à ces deux termes cruciaux, « environnement » et « biodiversité ».

Pour préciser l'analyse, la biodiversité semble par ailleurs faire voir des logiques disciplinaires différentes de celles que l'on avait suggérées pour l'environnement ; au-delà des logiques propres à chaque discipline qui traite de la biodiversité, deux conceptions principales semblent traverser toutes les disciplines : elle est ou bien *ressource*, ou bien *processus*.

En effet : la diversité apparaît dans des disciplines allant de la biologie de la conservation au droit en passant par certaines conceptions de l'éthique environnementale, comme une *ressource* qu'il s'agit d'exploiter, de gérer,

d'administrer ou de protéger. Ceci se traduit dans le discours économiste par l'idée que la biodiversité, en tant que telle, rend des « services » à l'ensemble de l'humanité (Costanza 1997, Millenium Ecosystem Assessment 2005) : c'est la notion récente et aujourd'hui incontournable de « services écosystémiques ». Elle donne lieu à une entreprise inédite d'évaluation financière de la biodiversité : ainsi, les premières évaluations de Costanza attribuaient à la biodiversité elle-même une valeur qui dépasse de loin le PIB mondial. Mais les modalités de cette évaluation sont contestables, en particulier parce que le calcul doit supposer un taux de changement de la valeur dans le temps, qui est éminemment controversé. Ainsi le débat est ouvert non seulement sur les modalités du calcul, mais même sur sa justification en principe. Cette vision ressourciste de la biodiversité ne peut s'autoriser que d'une biologie ou d'une écologie qui tiennent assez peu compte de processus évolutifs à long terme et qui adoptent une vision relativement statique de la diversité biologique. Pareille vision autorise et légitime des pratiques allant de la création de banques de graines à l'idée que l'on pourrait compenser la destruction d'un type d'écosystème ici en restaurant un autre là-bas : autrement dit l'idée juridique de compensation, qui est aujourd'hui au cœur de la conception du droit de l'environnement (Martin-Bidou 2010). Ailleurs, en biologie évolutive ou dans d'autres approches de la biologie de la conservation, comme dans d'autres conceptions de l'éthique environnementale, la biodiversité apparaît non pas comme un état du monde mais comme un processus (sur la distinction entre biodiversité comme processus et biodiversité comme propriété, voir Maris 2010).

B. Axe 2. Cartographie conceptuelle du champ de l'environnemental

B1. L'environnement, substance ou relation ? Un concept fragmenté

Le concept même d'environnement, à de nombreuses reprises apparaît comme un concept flou, fragmenté. Les juristes remarquent certes qu'il n'existe pas de cadre unique pour parler de l'environnement en droit. Mais si cette absence est peut-être caractéristique du droit, il reste que, même dans les sciences naturelles on chercherait en vain une définition univoque ou même un concept opératoire unique de l'environnement. Ainsi, « l'environnement » des spécialistes du changement climatique, pour lequel la question est de savoir dans quelle mesure l'activité industrielle humaine change les paramètres climatiques de son environnement, n'est pas forcément celui de l'écologue comportemental, qui modélise le rapport entre traits phénotypiques et environnements en voyant parfois ces traits comme des « stratégies » (Maynard Smith 1982) pour traiter avec l'environnement ou bien encore, pour rester à l'intérieur des disciplines évolutionaro-écologiques, l'environnement tel que le modélise un généticien de populations qui parle d'« interaction gènes-environnements ».

De manière générale : en allant de l'écologie ou de la biologie *stricto sensu* aux sciences plus globales de l'environnement (géologie, *Earth System Sciences*, etc.) ou aux sciences humaines, on modifie le concept. En particulier, on passe du sens, très clair en biologie évolutive, écologie comportementale, écologie : « environnement de X », où l'environnement est toujours défini en relation à une population, une espèce, un organisme X – à un sens plus diffus : « L'environnement », où on ne spécifie pas l'environnement *de quoi*. On sous-entend sûrement qu'il s'agit de l'environnement des sociétés, ou des humains (deux choses différentes) mais ce n'est pas précisé. En revanche dans les travaux sur l'hypothèse

Gaia, cette fameuse idée lancée par le géologue Lovelock il y a quatre décennies selon laquelle la Terre est un organisme qui s'autorégule, on parle de « la vie » et de son « environnement » : dans un tel contexte, par « environnement » on entend ce qui est *abiotique* (eau, calcaire, CO₂, nitrates etc.), ce qui diffère de l'usage standard en biologie ou en écologie, où l'environnement de X désigne souvent en premier lieu les *autres organismes* ou espèces. Dans les travaux de géoingénierie inspirés de l'hypothèse Gaia, et qui planifient des modifications à très grande échelle du système Terre pour lutter contre le changement climatique, « environnement » est souvent pris d'ailleurs en un sens analogue (Keith 2001, Lovelock 2008, Rapport de la Royal Society 2009). Il faudrait donc s'interroger sur cette fragmentation du concept « environnement », qui peut en quelque sorte prendre un sens aussi bien *relationnel* que *substantif*.

Cette ambiguïté se retrouve dans les usages du concept de biodiversité. L'érosion de la biodiversité, qui est ce phénomène documenté à partir duquel l'alarme a été donnée et de nombreux travaux de biologie de la conservation ont été initiés dans l'espoir de trouver des remèdes, peut apparaître comme un marqueur de l'impact anthropique négatif sur *l'environnement*. Ici, l'environnement est quelque chose de substantif, comme une sorte d'objet sur lequel notre action devrait en quelque sorte devenir vertueuse. Mais en un autre sens, la biodiversité fait partie de notre environnement, au sens relationnel : pour l'illustrer concrètement, la diminution de variétés de riz ou de blé altère l'environnement *des humains* (puisque'il s'agit du régime alimentaire des humains ici).

De telles remarques motivent une interrogation à la fois historique – « quels termes pour dire l'environnement dans ses différents sens, comment ont-ils été introduits, comment se sont-ils diffusés dans les différentes disciplines ? » - et proprement sémantique. L'enjeu est de saisir en particulier les équivoques irréductibles qui peuvent grever la constitution d'un discours unifié sur l'objet « environnement », alors même que, dans les discours éthiques ou politiques, ledit environnement est supposé être un objet identifiable.

B2. Biodiversité et cultures épistémiques : pluralisme ou homonymie ?

On a suggéré que la biodiversité pouvait être comprise de différentes manières selon l'entreprise épistémique dans laquelle on était engagé. Selon que l'on en fasse l'inventaire contemporain, que l'on examine le rôle fonctionnel de la diversité dans un écosystème donné, ou que l'on cherche à comprendre les processus (historiques) qui sont à l'origine de sa variation, la biodiversité acquiert un sens différent.

En radicalisant ce constat, on voudrait ici examiner l'hypothèse de travail suivante, qui fournira le cadre général de l'étude conceptuelle de la biodiversité : si on entend par « pluralisme » l'idée qu'il y aurait un concept général de la biodiversité divisible en différentes acceptions selon le contexte, la diversité des conceptions de la biodiversité (en fonction des différentes entreprises épistémiques dans lesquelles on est engagé) ne doit pas nous forcer à adopter une attitude *pluraliste* à propos de la biodiversité, mais à comprendre les différents usages du terme comme des *homonymes*. Dit autrement, l'hypothèse est que le recouvrement *conceptuel* entre les différents usages du terme de biodiversité est trop faible pour que l'on puisse penser qu'ils désignent bien, au fond, la même chose. Cette hypothèse s'appuie certes sur le travail d'auteurs qui ont montré aussi bien la faiblesse opératoire du terme de biodiversité (Meinard 2011) que la diversité des usages et acceptions de la biodiversité (Maris 2010).

Mais pareille hypothèse engage aussi des travaux sur le concept d'espèce qui ont justifié l'idée que le terme d'espèce recouvrait en fait différents homonymes, différemment distribués dans les diverses pratiques des écologues, paléontologues et biologistes (Reydon 2005). Il est devenu en effet trivial de faire remarquer que le concept biologique d'espèce, basé sur l'interfécondité entre deux individus d'une population (Mayr 1942), ne peut être utilisé pour une part massive de la diversité biologique : de nombreux végétaux, l'ensemble des bactéries et unicellulaires (Mayr 1982). Reydon (2005) a récemment montré que le terme d'espèce recouvre en fait 4 concepts distincts, qui désignent des choses différentes. Il ne serait dès lors pas surprenant de voir que ces problèmes d'homonymie se retrouvent au niveau de la « biodiversité », si celle-ci est bien, ainsi qu'on le souligne souvent dans les présentations générales, la « diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes ». En ce sens la « biodiversité » des écologues fonctionnels, qui s'appuient sur une notion d'espèce comme classe (les « décomposeurs », les « dénitrificateurs », ...) n'aurait que peu – ou rien – à voir avec la biodiversité des systématiciens qui inventorient des « espèces » actuelles (comprises comme entités dans une généalogie évolutive).

L'éthique environnementale, le droit, l'ingénierie écologique, bref, un ensemble d'entreprises non épistémiques, reposent d'une manière ou d'une autre sur certains des résultats des entreprises épistémiques précédentes (biologie fonctionnelle, biologie de la conservation, phylogénie, biologie de l'évolution). Si le terme de biodiversité apparaît en biologie comme recouvrant différents usages homonymiques, il faudrait s'interroger sur l'usage qui est fait du terme par les juristes, les ingénieurs, les philosophes : utilise-t-on le terme pour renvoyer tantôt à l'un de ses usages en biologie, tantôt à un autre ? Est-on alors attentif aux différents sens que le terme recouvre ? Ou bien d'autres usages, radicalement différents de ceux issus de la biologie, ont-ils cours ? Existe-t-il, inversement, une manière de construire un discours – juridique, économique, politique – de construire un discours sur la biodiversité qui soit neutre quant au concept de biodiversité auquel on fait référence ? Telles sont les questions qu'une approche conceptuelle de la notion de biodiversité, dans le cadre de cette recherche générale sur « les savoirs de l'environnement », devra poser.

Concernant la biodiversité, le projet envisage donc (i) de repérer les différentes catégories métaphysiques (classe, entité) et usages qui sont faits de la biodiversité dans différentes entreprises épistémiques (écologie fonctionnelle, phylogénie, biologie évolutive) et non épistémiques (droit, éthique environnementale, ingénierie écologiques) (ii) d'inscrire ce repérage dans une investigation plus serrée des différents réseaux de concepts (tels que « espèce », ou « écosystème » bien sûr, mais aussi et surtout : « espèce fonctionnelle », « fonctions écologiques », « biodiversité fonctionnelle », « disparité », etc.) auquel fait référence toute définition et tout usage du concept de biodiversité. Bien entendu ce second volet requiert une enquête historique, conceptuelle comme institutionnelle, sur la généalogie de ces concepts (par exemple : où et à partir de quand s'est-on mis à parler de « fonctions écologiques » ou de « services écosystémiques » ? etc.)

C. Axe 3. Pragmatique des discours environnementaux

Du fait de la situation de « crise écologique » que nous vivons, définie par plusieurs paramètres tels que l'érosion de la biodiversité ou le changement climatique,

les savoirs de l'environnement ne sont jamais éloignés d'une perspective d'action sur le monde. Ainsi, l'écologie des communautés (soit l'étude synchronique et diachronique d'ensembles d'espèces en interaction occupant un même écosystème), via la biologie de la conservation, est au premier chef intéressée à la sauvegarde de la biodiversité. L'écologie des écosystèmes, elle, donne les outils théoriques pour agir sur les écosystèmes sous la forme de la « restauration d'écosystèmes » ou ce qu'on appelle aujourd'hui « l'ingénierie écologique ». Dans les deux cas, l'approche purement théorique n'est jamais purement séparée d'applications pratiques, et les concepts, s'ils relèvent de l'épistémique et du descriptif, ne sont jamais indépendants du contexte dans lequel ils doivent être mobilisés et investis dans un projet pratique justifié moralement ou politiquement. En ce sens, le champ du « savoir de l'environnemental » est constitué de concepts qui, s'ils relèvent de l'analyse épistémique et sémantique indiquée dans la section précédente, requièrent aussi une analyse pragmatique de la manière dont ils s'inscrivent dans des entreprises pratiques justifiées par des positions de valeurs et de fins. Ce dernier aspect du projet est consacré à une telle analyse.

C1. Biodiversité et justice.

Ainsi, il est difficile de comprendre les concepts de biodiversité, quel qu'en soit l'usage, sans une référence à une idée intrinsèque de justice. La biodiversité n'est pas seulement un concept opératoire, qui doit donner lieu à des mesures effectives ; elle est aussi quelque chose que notre activité industrielle détériore, et qu'il s'agit de sauver. Dans la plupart des discours, le terme même de biodiversité est chargé d'une valence qui va de pair avec l'idée de « justice ».

De ce qu'une analyse conceptuelle révèle à propos de la biodiversité – premièrement la difficulté rencontrée dès lors que l'on souhaite donner une définition précise, opératoire, du concept même de biodiversité, deuxièmement l'incompatibilité entre différents usages dans des entreprises épistémiques distinctes – on peut en effet en venir à s'interroger sur le rôle que vient jouer ce concept dans les différents discours. Certains montrent par exemple que le terme, dans la littérature d'écologie scientifique, ne vient en fait jamais énoncer des résultats précis et techniques ; la position des occurrences du terme dans cette littérature (souvent dans les conclusions, dans les titres, les introductions, les résumés, les appels à projet, rarement dans la partie technique des articles) indique qu'il sert davantage à formuler des problématiques générales, à poser des questions, à synthétiser des conclusions qu'il ne sert à formuler dans un langage précis et technique un résultat donné (Meinard, 2011), bref, que l'usage qui est fait du terme est normatif plus qu'il n'est descriptif.

C2. L'ingénierie écologique et la géoingénierie : la théorie rencontre les valeurs.

Mais cet aspect pragmatique, encore une fois, concerne la plupart des concepts mobilisés dans les savoirs de l'environnemental, et il s'agit alors de le mettre au jour, afin d'interroger ses présupposés et ses justifications.

Ainsi, la normativité de certains discours est parfois plus apparente et plus explicite qu'elle ne peut l'être pour la biodiversité, en particulier dans les discours d'ingénierie écologique et de géoingénierie, dont la recrudescence dans la dernière décennie doit intéresser le philosophe, le sociologue ou l'historien.

La première entreprise – ingénierie écologique - s'intéresse à la restauration ou à la création artificielle et maîtrisée d'écosystèmes entiers à des échelles locales ou régionales, l'ambition étant parfois de répondre à des demandes sociétales concrètes d'échelle plus ou moins large. Une définition récente y distingue 4 dimensions : design et construction d'écosystèmes, restauration d'écosystèmes, usage de systèmes naturels pour remédier à la pollution ; utilisation d'écosystèmes de manière écologiquement raisonnable (Jorgensen et al. 2008).

Un exemple auquel certains des chercheurs concernés par le présent projet s'intéressent est le projet de création de « vrai » sol à partir de l'accumulation de gravats dans la décharge de gravat de Villeneuve (93) en vue d'éviter les coûts environnementaux dommageables d'un enfouissement ailleurs de ces gravats (Opération supervisée par Manuel Blouin, Université de Créteil, écologie). De manière générale, le Groupe de Acteurs de l'Ingénierie Ecologique, réseau qui rassemble aussi bien des écologues théoriciens que des bureau d'études ou des expertes en écologie appliquée, tous concernés par l'ingénierie écologique, constituera une ressource importante du projet pour ce qui est du rapport avec la pratique de l'ingénierie écologique. Manuel Blouin et Luc Abbadie, membres fondateurs de Gaïe et permanents du bureau de l'association, seront partenaires du projet.

La seconde entreprise considérée ici, la géo-ingénierie, consiste à mettre en œuvre des dispositifs techniques à grande échelle pour atténuer l'ampleur du réchauffement climatique, soit en modifiant l'albédo de la Terre (miroirs dans l'espace, dispersion d'aérosols dans l'atmosphère) soit en contribuant à réduire la teneur en CO₂ atmosphérique (fertilisation artificielle des océans, stockage de CO₂ en profondeur, etc.) (Keith 2001, Rapport de la Royal Society 2009). Notons qu'en sciences de la Terre, les modèles utilisés pour comprendre la dynamique des océans et celle du climat sont les mêmes que ceux qui sont utilisés pour mettre à l'épreuve les propositions de géo-ingénierie à grande échelle (Aumont et Bopp 2006).

On rencontre très fréquemment l'idée que l'ingénierie écologique et la géo-ingénierie sont à l'écologie et aux géosciences ce que la médecine est à la biologie. James Lovelock, particulièrement actif dans les propositions de géo-ingénierie (Lovelock et Rapley 2007, Lovelock 2008) peut ainsi donner pour titre à un ouvrage en 2001 « Gaïa : une médecine pour la planète ». Ce parallèle entre l'activité médicale et l'ingénierie de la nature présuppose qu'il est possible de définir des états de santé pour un écosystème donné ou pour l'ensemble de la planète. Personne ne contestera la légitimité de l'entreprise consistant à chercher des paramètres qui puissent constituer des indicateurs pour une transition entre deux états donnés d'un système (Kéfi *et al.* 2013); la difficulté réside dans la distinction normative entre deux états donnés qui semble opérée par certains, et en particulier par les praticiens d'entreprises comme l'ingénierie écologique. En dépit de propositions émanant de différents horizons scientifiques et philosophiques (Lovelock 1979, Turner 2000), scientifiques comme philosophes restent dans l'ensemble sceptiques sur la légitimité qu'il y aurait à comparer un écosystème ou la planète à un organisme et à autoriser, dès lors, des distinctions entre des états sains, normaux, ou simplement fonctionnels pour ces entités.

De manière générale, des activités comme la restauration d'écosystème, qui aujourd'hui est considérée comme incluse dans l'ingénierie écologique, soulèvent un

problème simple, qui fait écho à l'alternative entre diversité comme ressource et diversité comme processus envisagée dans l'axe précédent. En effet, de nombreuses activités de restauration se donnent comme norme un « état de référence de l'écosystème », généralement un état dégradé par les activités polluantes ou délétères de l'industrie, de la déforestation, de l'habitat humain, etc., et qu'il s'agit donc de restaurer. Or cette notion même d'état de référence est problématique, si l'on pense que la nature biotique est par définition en constante évolution, étant elle-même affectée par l'activité constante de la sélection naturelle et les variations stochastiques des effectifs des populations diverses. Certes, il semble que l'état dit « de référence » signifie un état antérieur ou extérieur à l'influence humaine ; néanmoins c'est une caractérisation insuffisante si on pense que l'humain comme tel fait partie des divers facteurs constitutifs des écosystèmes en évolution, de sorte que par nature l'éloignement d'un état écoystémique de référence même dû à des causes essentiellement anthropiques, s'apparente à un processus évolutif ordinaire. Autrement dit, la notion d'« état de référence » relève d'une vision général de la nature qui semble déroger à l'idée générale de nature en flux constant, que légitimerait la théorie de l'évolution (Huneman 2011). Moins qu'une contradiction - puisque l'évolution ne s'oppose pas par principe à la stabilité, au moins locale, dont les écologues des communautés cherchent depuis des décennies les conditions - il s'agit là d'une tension conceptuelle, qu'il s'agit de réfléchir si on veut articuler la pratique de l'ingénierie écologique et la théorie écologique, et plus généralement penser les formes à la fois pragmatiques et désirables de cette entreprise.

Ainsi, il semble que la géoingénierie comme l'ingénierie écologique, autant que de nombreuses tentatives de valorisation de la biodiversité et de mise en œuvre juridique de sauvegarde de celle-ci, emploient des notions et des images qui, même si elles sont opératoires en pratique, ne découlent pas naturellement de la théorie dont nous disposons, et parfois même sont avec elle en tension, dès qu'il s'agit de réfléchir et de justifier des pratiques effectives. Ce décalage apparent entre le discours de ceux qui sont engagés dans la pratique (ingénieurs, ONG, ...) et l'analyse qui ressort d'une philosophie des sciences et de la biologie théorique n'est effectif que si les normes et les valeurs véhiculées par les praticiens sont effectivement pensées comme intrinsèques aux systèmes étudiés. Outre le nécessaire approfondissement philosophique et conceptuel sur la pertinence qu'il y aurait à distinguer des états sains ou fonctionnels pour la planète ou un écosystème, il resterait en plus à étudier en détail le discours des praticiens pour mettre en lumière les positions éthiques implicites qu'ils véhiculent : a-t-on affaire à l'attribution (pour le moment en attente de justification) d'une valeur intrinsèque à des entités complexes (écosystèmes) ou bien à une banale éthique anthropocentrée qui ne se présenterait pas comme telle (mais qui ne serait pas nécessairement moins problématique)?

Objectifs ultimes et faisabilité du projet :

Le projet vise à développer un ensemble structuré de réponses aux questions esquissées dans les sections A1-A4, B1-B2 et C1-C2. Il s'agit d'un travail collectif qui requiert la collaboration de spécialistes des disciplines de l'environnement, et de spécialistes de la réflexion sur ces disciplines (philosophes et historiens des sciences, historiens du droit, éthiciens de l'environnement, etc.)

D. Réseau d'acteurs et d'institutions impliqués dans le projet.

L'Ihpst est un laboratoire de philosophie des sciences ; la philosophie de la biologie et de la médecine occupent aujourd'hui un des axes majeurs, sans doute le plus important en termes de nombre de membres, de publications et d'actions. Depuis une dizaine d'années, avec en outre les travaux de Jean Gayon, Philippe Huneman, Francesca Merlin, et les ACI Fonction (dir Gayon, 2005-2008) et les ANR Evo-Eco (évolution et économie, 2008-2012, dir. Gayon) et Explabio (sur la biologie évolutive, dir. Huneman, 2013-), la biologie est au cœur du travail de cet axe ; l'écologie y est de plus en plus étudiée. Une école thématique du CNRS, « Les nouveaux paradigmes de l'écologie », avait été organisé par Huneman sous les auspices de l'INEE du CNRS en mars 2009 à Cargèse. Une journée sur la biodiversité à l'IHPST en janvier 2012 a donné lieu à un livre sur la biodiversité, (E. Casetta, J. Delord eds.) sous presse aux éditions Matériologiques (Paris) avec une introduction de Philippe Huneman, une préface de Jean Gayon, et des contributions de certains des chercheurs impliqués dans le présent projet (Blandin, Maris, etc.)

Dans ce contexte, des collaborations de plus en plus serrées se sont nouées avec des écologues, en particulier le laboratoire d'Evolution-écologie de Paris, et le CEFÉ et l'IEM à Montpellier. L'IHPST a alors organisé à Montpellier en 2013 (Jean Gayon et Philippe Huneman) à Montpellier même le congrès international de philosophie de la biologie (650 participants), dans lequel l'Ecologie et en particulier les écologistes de Montpellier, étaient particulièrement représentés. Trois de ceux ci faisaient d'ailleurs partie du comités d'organisation du congrès (F. Munoz, V. Devictor, V. Maris). L'INEE avait largement sponsorisé cet événement.

Dans cette histoire récente de lancement d'une dynamique de philosophie de l'écologie, l'INSHS a souhaité que l'IHPST amorce une structuration des chercheurs SHS qui travaillent sur l'environnement, comme il a été dit plus haut. Une série de journée d'étude a été lancée, la première datant de Janvier 2013, et c'est dans ce cadre que le présent projet va être construit, ainsi que le réseau interpersonnel et institutionnel dans lequel il va être conduit.

Ce projet est aussi intrinsèquement interdisciplinaire que l'est en quelque sorte son objet, même si, comme indiqué, il est centré sur la philosophie. Il s'inscrit dans un réseau déjà existant de chercheurs et d'institutions, que l'IHPST, avec les principaux instigateurs du projet, ont commencé de constituer il y plusieurs années.

Outre les philosophes de la biologie de l'IHPST intéressés à l'écologie, soit Jean Gayon (PU Paris I), Francesca Merlin (CR IHPST), et Philippe Huneman (DR IHPST), ainsi que Sébastien Dutreuil, doctorant (dir. Gayon & Huneman) sur l'hypothèse Gaïa , ce réseau inclut :

Des philosophes ou théoriciens de l'écologie tels que Patrice Blandin (MNHN) ou Donato Bergandi (MNHN) ;

Des historiens et sociologues du centre Koyré intéressés par ces problématiques (Audrey Coreau, Christophe Bonneuil) ou bien des chercheurs d'autres institutions qui questionnent l'anthropologie de l'environnement (Isabelle Doussan (Rennes, droit), Harold Levrel (Brest, économie), Nathalie Hervé-Fournereau (Rennes, droit) Pierre Charbonnier (Paris Philosophie), etc.) ;

Des écologistes tels que Vincent Devictor (adaptation au changement climatique, Cefe Montpellier), des théoriciens et praticiens de l'ingénierie

écologique (Manuel Blouin, MCF UP12, Luc Abbadie, DR Bioemco, CNRS) et des philosophes de l'écologie de Montpellier (Virginie Maris, Cefe, Montpellier).

Au delà, ce projet mobilise des ressources *institutionnelles* à plusieurs niveaux. D'une part, les équipes d'écologie avec lesquelles des chercheurs comme Philippe Huneman et Jean Gayon travaillent usuellement, seront impliquées dans le projet :

- le Muséum d'Histoire Naturelle,
- les laboratoires Evolution-Ecologie de l'ENS (dir. Bernard Cazelles) et Bioemco (Dir. Luc Abbadie, spécialisée dans l'ingénierie écologique), Paris, qui fusionnent cette année;
- le réseau SFR Biodiversité de Montpellier, qui structure les recherches autour de la biodiversité dans la région de Montpellier, et auquel appartiennent les contacts montpelliérains du projet
- le groupe GAIE, plus importante regroupement de promotion de l'ingénierie écologique en France, sera partenaire du projet : Philippe Huneman en est membre et l'écologue Manuel Blouin en a longtemps assuré la direction (participe au comité de thèse de Sébastien Dutreuil).

Bien entendu, il s'agit là de collaborations existantes qui définissent une base de structuration du projet. Au sein du Pres Hesam, de nombreuses collaborations sont attendues, en particulier avec des économistes et des juristes de l'Université Paris I Sorbonne, des économistes, juristes, historiens, anthropologues ou sociologues de l'EPHE, de l'EHESS, de la FMSH ou de l'INED intéressés par les questions environnementales. Le projet commencera par une journée d'études à laquelle ces chercheurs seront largement conviés.

De manière plus diachronique, ce projet s'inscrit dans une dynamique au long cours de l'IHPST.

Par ailleurs ce projet s'inscrirait dans une collaboration naissante entre Paris 1 et l'Université de Montréal sur cette thématique. En effet, l'IHPST collabore depuis plusieurs années avec le département de philosophie de l'Université de Montréal, avec l'existence d'un consortium de philosophie de la biologie Paris Montréal – Toronto-Duke-Cambridge. La relation entre Paris et Montréal est très serrée, et le correspondant de l'IHPST au dép. de philosophie de Montréal, le prof. Frédéric Bouchard, y organise maintenant le cursus d'environnement et développement durable. Dans ce contexte, les compétences sur la question des chercheurs de Montréal viendraient contribuer au développement du projet.

E. Calendrier, jalons, livrables.

Le projet se constituera dans le sillage de journées de réflexion organisée sur les sciences humaines et sociales de l'environnement depuis janvier 2013 à l'IHPST. En 2014, le projet commencera par une rencontre interdisciplinaire réunissant le réseau de chercheurs décrit dans le projet. Il s'agira avant tout d'élaborer un langage commun, entre spécialistes des différentes disciplines des SHS concernées par l'environnement et écologistes, biologistes, géologues ; chaque « objet clé » y sera représenté et un questionnement à leur sujet sera développé.

Par la suite, chacun des axes 1-3 (décrits en sections A-C) donnera lieu à un workshop interdisciplinaire, invitant à la fois des partenaires du projet (venus des institutions partenaires décrites en D) et des experts éventuellement internationaux. On vise à ce que chaque workshop donne lieu une publication de ses résultats les plus marquants, soit comme numéro spécial de revues internationales, soit comme ouvrage collectif. Des collections comme *History, Philosophy and Theory in the Life Sciences* (Springer) pourraient accueillir un ouvrage collectif sur l'axe 2, « conceptuel », du projet. En France, la revue *Nature, Sciences, Sociétés* pourrait être intéressée par la publication d'un numéro issu de l'axe « disciplines ». Une revue interdisciplinaire telle que *Philosophy and public affairs*, ou bien une revue d'éthique environnementale, serait la cible pour la publication d'un travail collectif sur l'aspect « Pragmatiques ». Enfin, une monographie issue du projet et présentant dans son articulation générale l'ensemble des avancées faites constituera la conclusion souhaitée de ce travail collectif.

Enfin, au terme du projet, on pense à l'organisation d'une école thématique subventionnée en partie par le CNRS (INEE), sur le thème « les savoirs de l'environnement », afin de diffuser plus largement dans le milieu de la recherche les acquis du projet.

Calendrier :

Septembre 2014 : recrutement du postdoc et prise de fonction

Octobre 2014 : journée d'étude générale de lancement du projet

Janvier 2015 : workshop « Disciplines de l'environnement »

Avril 2015 : workshop « Concepts »

Juin 2015 : Workshop « Pragmatiques de l'environnement »

F. Description du postdoctorat : réquisits et tâches.

Dans tous ces aspects, le post-doctorant recruté jouera un rôle essentiel. En tant que philosophe des sciences, au fait de problématiques de sciences humaines, en particulier éthiques ou politiques, il contribuera crucialement à la constitution du « langage commun » tel qu'il est envisagé par l'intention du colloque d'ouverture du projet. En tant que spécialiste de la philosophie d'une des disciplines scientifiques – biologie évolutive, écologie, géologie – au cœur du « savoir environnemental », que ce soit pour les aspects épistémologiques ou métaphysiques, le post-doctorant conduira l'analyse conceptuelle de tous les aspects impliqués dans l'axe B du projet. Il est attendu qu'il propose sa contribution propre sur cet axe, préférentiellement selon la problématique déployée dans la description de l'axe.

En lien avec les spécialistes de l'histoire et de la sociologie, il suivra la recherche effective sur l'analyse disciplinaire présentée dans l'axe 1. Enfin, le postdoc aura une compétence effective sur l'un des objets clés (biodiversité, ingénierie écologique) attestée par son travail de doctorat et ses publications. Grâce à cela, il pourra

contribuer de façon pertinente à l'analyse des dimensions pragmatiques décrites dans l'axe 3. Ce travail se fera en lien avec Philippe Huneman (IHPST), et les écologues Manuel Blouin (UP12) et Luc Abbadie (CNRS, Bioemco, Paris) pour ce qui est de l'ingénierie écologique, Virginie Maris (CNRS, Cefe, Montpellier) pour ce qui est de la biodiversité.

Enfin, il concentrera l'aspect organisationnel du projet : conception des 3 workshops, conception des ouvrages qui en résultent, l'édition d'un des numéros spéciaux (écriture de l'introduction et direction d'ouvrage proprement dite) correspondant à sa compétence principale. Ce travail se fera en concertation proche avec les chercheurs de l'IHPST et en particulier Philippe Huneman, responsable du projet.

Dans ce contexte, le post-doctorant sera aussi responsable d'une archive web inventoriant des textes dans diverses disciplines qui soient pertinents pour le projet.

Références

- Bonneuil, C. & Fressoz, J. (2013). *L'évènement anthropocène*. Seuil.
- Chakrabarty, D. (2009). The climate of history: four theses. *Critical Inquiry*, 35(2), 197–222.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'neill, R. V., Paruelo, J., et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253–260.
- Descola, P. (2005). *Par-delà nature et Culture*. Gallimard.
- Diamond, J. (1997). *Guns, germs, and steel*. Norton New York.
- Godfrey-Smith, P. (1996). *Complexity and the Function of Mind in Nature*. Cambridge University Press.
- Huneman P. (2011) "The conceptual foundations of ecological engineering. Stability, individuation, ethics." *Ecological engineering, from concepts to applications*, Barot S., Lacroix G. (eds.), . *Procedia Environmental Sciences*, 9: 72-82
- Huneman, P. & Bouchard, Frédéric, eds. (2013). *From groups to individuals. New issues in biological individuality*. The MIT Press.
- Jorgensen S., Grant, W., Legovic, T., Nielsen S. (2008) "New initiative for thematic issues: An invitation: Brief overview of the five "hot" themes." *Ecological modeling*: 272-275
- Kéfi, S., Dakos, V., Scheffer, M., Van Nes, E. H., & Rietkerk, M. (2012). Early warning signals also precede non-catastrophic transitions. *Oikos*.
- Keith, D. W. (2001). Geoengineering. *Nature*, 409(6818), 420–420.
- Latour, B. (1991). *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. Paris, La Découverte.
- Latour, B. (1999). *Politiques de la nature: comment faire entrer les sciences en démocratie*. Paris, La Découverte.
- Locher, F. & Quenet, G. (2009). L'histoire environnementale: origines, enjeux et perspectives d'un nouveau chantier. *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, (4), 7–38.
- Lovelock, J. (1993). *La Terre est un être vivant*. Flammarion, Paris.
- Lovelock, J. (2008). A geophysicologist's thoughts on geoengineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1882), 3883.

- Lovelock, J. & Rapley, C. (2007). Ocean pipes could help the Earth to cure itself. *Nature*, 449(7161), 403–403.
- Maris, V. (2010). *Philosophie de la biodiversité : Petite éthique pour une nature en péril*. Buchet Chastel.
- Martin-Bidou P. (2010) *Droit de l'environnement*. Paris: Vuibert, 2010
- Mayr, E. (1942). *Systematics and the Origin of Species: From the Viewpoint of a Zoologist*. Number 13. Harvard University Press.
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance*. Harvard University Press.
- McCann, K. (2000). The diversity–stability debate. *Nature*, 405(6783), 228–233.
- Meinard, Y. (2011). *L'expérience de la biodiversité - Philosophie et économie du rapport à l'environnement*. Hermann.
- Millstein R. (2013) “Environmental ethics” Kampourakis K. (ed.) *Philosophy of biology*. Dordrecht: Springer.
- Pearce, T. (2010). From circumstances to environment: Herbert spencer and the origins of the idea of organism–environment interaction. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 41(3), 241–252.
- Pomeranz, K. (2000). *The great divergence: China, Europe, and the making of the modern world economy*. Princeton University Press.
- Reydon, T. (2005). On the nature of the species problem and the four meanings of species. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36(1), 135–158.
- Shapiro L. (2010) *Embodied cognition*. London: Routledge.
- Tilman, D. (1996). Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology*, 77(2), 350–363.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277(5330), 1300–1302.
- Turner, J. (2000). *The Extended Organism: The physiology of animal-built structures*. Harvard Univ Pr.

