



HAL
open science

De la complexité de l'anthropocène

Florent Pasquier, François Prouteau, Nathanaël Wallenhorst

► **To cite this version:**

Florent Pasquier, François Prouteau, Nathanaël Wallenhorst. De la complexité de l'anthropocène : Approches systémiques et transdisciplinaires. L'Année de la Recherche en Sciences de l'Éducation, 2022, COMPLEXITÉ ET ANTHROPOCÈNE. halshs-04251563

HAL Id: halshs-04251563

<https://shs.hal.science/halshs-04251563>

Submitted on 21 Oct 2023

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

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

De la complexité de l'anthropocène
Approches systémiques et transdisciplinaires

Florent PASQUIER

MCF-HDR en Sciences de
l'éducation et de la formation.
Sorbonne Université. Costech,
UTC.

François PROUTEAU

D^r en Sciences de l'éducation et de
la formation. Université catholique
de l'Ouest. LIRFE.

Nathanaël WALLENHORST

MCF-HDR en Sciences de
l'éducation et de la formation.
Université catholique de l'Ouest.
LIRFE, LISEC

Résumé

Le terme « Anthropocène », le nom donné à l'époque contemporaine, signifie que les activités humaines sont devenues la principale force géologique de la planète. Il renvoie à la modification, de façon durable, des conditions d'habitabilité de la Terre pour l'ensemble du vivant et, *a fortiori*, pour la vie humaine en société.

Pour Morin (2005), la « société est le produit d'interactions entre individus humains, mais la société se constitue avec ses émergences, sa culture, son langage, qui rétroagit sur les individus et ainsi les produit comme individus humains en leur fournissant le langage et la culture. » Sallaberry (2021, 2022) rejoint cette conception, en la modélisant à partir de deux outillages théoriques, différents *a priori*, mais qui se révèlent complémentaires, dans une analogie structurale forte :

- La théorie de l'institution, avec l'idée du co-engendrement des éléments et de la forme, due à la collaboration Castoriadis-Barel (1975).
- Une pointe avancée de la théorie des systèmes, avec la définition des systèmes autopoïétiques (Varela, 1989) et les boucles autopoïétiques (Varela, 1989 & 1993), notamment celles que l'on peut qualifier d'étranges (Sallaberry, 2021), puisqu'elles articulent deux niveaux différents.

Dans cet article, nous analysons à la suite de ces approches la complexité de l'Anthropocène, à partir des approches systémiques et transdisciplinaires développées depuis le début du XXI^e siècle par des équipes scientifiques, pour comprendre les phénomènes et les enjeux liés à cette nouvelle époque.

1. Les tentatives d'expression de l'humanité comme force géologique

Quand on regarde les intuitions des premiers théoriciens de l'Anthropocène, on est frappé par la complexité de cette nouvelle époque définie comme celle de l'humain (*anthropos*). Mais l'humain n'est-il pas, lui-même le plus complexe des êtres de l'univers, et l'impact de ses activités qui se sont étendues à l'ensemble de la Planète pourrait-il échapper à la complexité humaine ? Pour définir en quelques mots la notion de « complexité », on peut se référer à l'adjectif « complexe » tel qu'il est défini par le CNRTL : « Composé d'éléments qui entretiennent des rapports nombreux, diversifiés, difficiles à saisir par l'esprit, et présentant souvent des aspects différents. »¹ De fait, l'Anthropocène répond, en première lecture, à cette définition brève. Le fait que ce néologisme soit encore peu connu du grand public et peine à être adopté par la communauté scientifique est peut-être dû au fait que l'Anthropocène est complexe, au sens où il vient d'être défini.

Car l'intuition que l'humanité façonne la Terre dans son ensemble ne date pas d'hier. Dès la fin du XVIII^e siècle, en 1778 plus précisément, le naturaliste français Georges-Louis Leclerc de Buffon publie, dans *Des époques de la nature*, que « la force entière de la Terre porte aujourd'hui l'empreinte de la puissance de l'homme ». Cela rend l'humanité notamment capable de modifier le climat par une action sur son environnement : elle pourra « modifier les influences du climat qu'elle habite et en fixer pour ainsi dire la température au point qui lui convient » (Buffon, p. 237). Entre 1830 et 1833, le géologue britannique Charles Lyell fait observer que l'être humain a sur la nature un pouvoir supérieur à toute autre espèce :

La distinction, cependant, de l'homme de toutes les autres espèces, considéré simplement comme une cause efficiente dans le monde physique, est réelle. Car nous sommes en relation avec les espèces contemporaines d'animaux et de plantes [...] d'une manière supérieure en degré, et à certains égards très différente en nature, de celle par laquelle toute autre espèce peut affecter le reste.²

Cependant, pour Lyell, la force anthropique exercée sur la nature, bien que supérieure à celle exercée par les autres espèces, reste du même ordre de grandeur (Lyell, p. 248) ; son influence est donc négligeable à l'échelle géologique. D'emblée, l'impact anthropique est perçu comme une force parmi beaucoup d'autres, mais elle entretient des rapports nombreux et diversifiés avec beaucoup d'autres forces et laisse partout des traces sur la Terre et en interagissant avec toutes les autres forces.

Mais la complexité de cette « époque des hommes » que les scientifiques de la seconde partie du XIX^e siècle commencent à mettre au jour ne s'arrête pas là. Ils perçoivent qu'il y a dans cette nouvelle époque quelque chose de totalement différent des autres. En 1854, le géologue et théologien gallois Thomas Jenkyn apparaît comme la première personne à identifier une étape géologique de la Terre marquée par l'humanité qu'il définit comme « l'époque des hommes » (*the human epoch*). Il écrit : « Toutes les roches récentes, appelées Post-Pléistocène dans notre dernière leçon, auraient pu s'appeler Anthropozoïque, c'est-à-dire des

¹ <https://www.cnrtl.fr/definition/complexe>.

² Lyell, Ch. (1835, p. 249). "The distinctness, however, of the human from all other species, considered merely as an efficient cause in the physical world, is real. for we stand in a relation to contemporary species of animals and plants [...] in a manner superior in degree, and in some respects very different in kind, from that in which any other species can affect the rest." (ibid.)

roches de la vie humaine » (Jenkyn, p. 313). Deux ans plus tard, l'intellectuel anglais William Adams décrit son époque géologique à partir de l'intuition des traces de l'activité humaine dans les sédiments : « L'époque moderne ou humaine est illustrée par les dépôts alluvionnaires, qui sont les effets de causes atmosphériques et d'autres causes locales plus puissantes : celles-ci continuent à fonctionner, incorporant des restes de l'homme et de la matière inorganique. » (Adams, p. 247)

Ce qui est difficile à saisir par l'esprit et qui traduit la complexité de cette nouvelle époque se manifeste par la nécessité de trouver de nouveaux mots pour la décrire, à commencer par le terme pour la définir. Elle est marquée par la primauté de l'esprit qui anime l'être humain (*anthropos*) et lui donne un pouvoir singulier. En 1865, le révérend irlandais Samuel Haughton publie un Manuel de géologie au sein duquel il définit l'Anthropozoïque comme « l'époque dans laquelle nous vivons » (Haughton, 1865, p. 138). Dans sa thèse de doctorat, Alexander Federau relève dans l'édition du manuel d'Haughton de 1880 une des conséquences que tire le révérend de cette puissance géologique : « l'homme doit être à la "tête du système de la vie", en raison de sa nature spirituelle et de son pouvoir à progresser indéfiniment » (Federau, 2016, p. 64). Le géologue américain James Dwight Dana avait également publié un *Manuel de géologie* (1863, p. 130) au sein duquel il parlait de « l'âge de l'esprit et l'ère de l'homme ». En 1873, le géologue et prêtre italien Antonio Stoppani (p. 732) décrit sa période contemporaine de la même façon en utilisant l'expression « ère anthropozoïque ». Puis, à la fin des années 1920, le géologue russe Aleksei Pavlov (1854-1929), dans les dernières années de sa vie, utilise l'expression « Anthropocène » ou « ère anthropozoïque » pour parler de son époque, comme le relèvent Vernadsky (1926/2002) ou, plus tard, Shantser (1973, p. 140).

Dans ce contexte de conscience naissante de l'Anthropocène, d'autres néologismes voient le jour pour décrire des continuités mais aussi des ruptures et une complexification de la manière de se représenter les interactions entre les humains et les non humains. En 1874, soit dix ans après sa première édition de *L'homme et la nature (Man and Nature)*, le diplomate et écologiste américain Georges Perkins Marsh publie une seconde édition intitulée *La Terre modifiée par l'action des hommes (The Earth as Modified by Human Action)* dans laquelle il s'appuie sur les travaux de Stoppani et son idée d'ère anthropozoïque et « conclut à l'incompatibilité intrinsèque entre les sociétés industrielles et l'équilibre de la nature » (Federau, 2016, p. 61). En effet, pour lui « [l]a Terre devient rapidement une maison inhabitable pour son habitant le plus noble » (Marsh, 1874/1970, p. 44). Le philosophe et géologue américain Joseph Le Conte (1884), définit quant à lui l'ère contemporaine comme le Psychozoïque et développe une haute considération de la façon dont les activités humaines marquent la Terre dans son ensemble.

Au début du XX^e siècle, le géochimiste et naturaliste ukrainien Vladimir Vernadsky développe la notion de « biosphère », à la suite du géologue autrichien Eduard Suess (1924) qui invente ce mot et pour qui il signifie simplement l'espace qui abrite la vie sur Terre. Vernadsky complexifie cette notion en proposant l'idée d'une relation entre la biosphère et l'intelligence humaine à travers le concept de « noosphère » (du grec « esprit ») qui insiste sur la puissance de l'esprit humain. La complexité de l'Anthropocène se manifeste plus encore à partir du milieu du 20^e siècle, avec le développement de l'idée de l'humanité comme force à la fois géologique et écologique, avec au cœur le concept d'interactions systémiques.

2. Complexité du Système Terre et recherche interdisciplinaire sur l'Anthropocène

La notion de complexité est souvent associée à celle de systèmes complexes si on qualifie ainsi « les systèmes dont chaque élément est connecté à tous les autres. C'est du moins une définition que propose George Cowan, fondateur de l'Institut de Santa Fe, aux États-Unis, regroupant physiciens, informaticiens, biologistes et économistes intéressés par ce thème transdisciplinaire par excellence » (Aubin et Haddad, p. 1720). C'est de fait cette définition qui selon nous permet de comprendre comment les travaux scientifiques de l'Anthropocène évoluent à partir de la seconde partie du XX^e siècle. L'étude ne porte plus seulement sur la Terre comme objet géologique dont on identifie une transformation significative à partir de marqueurs stratigraphiques, comme on le fait pour la reconnaissance d'une nouvelle époque, mais plus globalement, sur le Système Terre qualifié de « système complexe » (Federau, 2017, p. 49).

Cette prise de conscience de la complexité du système Terre émerge véritablement en même temps que les premières publications scientifiques sur l'Anthropocène, au seuil du XXI^e siècle.

Le terme « Anthropocène » constitué des deux termes grecs *anthropos* (l'être humain) et *kainos* (nouveau) renvoie à une nouvelle époque géologique marquée par les comportements humains sur le système Terre dans son ensemble. De fait, le concept d'Anthropocène renvoie à une époque géologique, il fait donc partie de ces étapes temporelles habituellement définies par les stratigraphes à partir de leurs observations des sols. Mais un des premiers usages de ce terme proposé à la communauté scientifique par Paul Crutzen, ne s'appuyait pas sur des observations stratigraphiques. À l'origine, le terme d'Anthropocène n'est donc pas proposé par des géologues en référence à une évidence stratigraphique mais il renvoie à la modification des processus du système Terre du fait de l'activité humaine

En février 2000, au Mexique, lors d'échanges durant le colloque du programme international sur la géosphère et la biosphère (IGBP – « *International Geosphere-Biosphere Programme* », les débats portaient sur l'Holocène, l'époque géologique contemporaine. L'un des participants, le géochimiste néerlandais Paul Crutzen, se lève et prend la parole : « Non, nous ne sommes plus dans l'Holocène : nous sommes dans l'Anthropocène ». Il dira ensuite : « J'ai tout à coup pensé que c'était faux. [...] J'ai juste composé le mot sur le vif. Mais il semblerait qu'il y soit resté » (Keats, p. 19). Nous pouvons dire que la proposition du terme « Anthropocène » par Crutzen cette année-là relevait de l'improvisation (Zalasiewicz et al., 2017, p. 56). Cette ouverture soudaine à nommer officiellement une nouvelle époque dans une assemblée d'experts scientifiques éminents traduit une caractéristique des systèmes complexes vivants et ouverts : elle échappe au réductionnisme scientifique ; d'emblée, il est impossible de « démontrer la vérité d'une assertion quelconque à leur sujet. On ne peut que proposer des métaphores qui peuvent être validées par consensus dans un groupe social donné à un moment donné » (Aubin et Haddad, p. 1721).

Après avoir utilisé le terme lors du colloque de l'IGBP, Paul Crutzen contacte le biologiste américain Eugene Stoermer pour écrire avec lui un papier dans la revue de l'IGBP, *Global Change Newsletter*, en raison de l'utilisation informelle de ce terme par Stoermer depuis les années 80. Jacques Grinevald, philosophe français travaillant à Genève, rapporte les propos de Stoermer de la façon suivante : « J'ai commencé à utiliser le terme "Anthropocène" dans les années 1980, mais je ne l'ai jamais formalisé avant que Paul [Crutzen] ne me contacte » (Grinevald, 2007, p. 243). Même si cet article d'une page est clair, une des spécificités de la production terminologique « Anthropocène » est d'avoir été proposée avant qu'un contour scientifique ne lui soit apporté et qu'une définition précise et exhaustive ne soit proposée. Cette formule choc a une telle fulgurance que, même inexacte et regrettée par son

« inventeur », elle va frapper fort et durablement les esprits. Les deux scientifiques dans cet article ne font pas explicitement référence au Système Terre, mais ils appellent à des efforts de recherche intensifs et une application judicieuse des connaissances acquises dans la noosphère, en faisant référence à Vernadsky, pour conduire « à la durabilité des écosystèmes » face au « rôle central de l'humanité sur la géologie et l'écologie » (Crutzen et Stoermer, 2000, p. 17-18) qui caractérise l'époque géologique actuelle nommée Anthropocène.

On perçoit déjà dans cette même publication de l'IGBP combien le souci des écosystèmes plurielles évoqué par Crutzen et Stoermer est formulé dans une revue de neuf articles où le concept central d'étude est le Système Terre : un des articles s'intitule « Earth-System Models of Intermediate Complexity ». L'ensemble de cette publication invite à une étude formelle et intégrée du Système Terre dans son ensemble, dans toute sa complexité fonctionnelle et géographique au fil du temps, avec le nouveau défi de construire, sur une base scientifique collective, un programme international de Science de la Terre.

Crutzen reprend alors ces éléments dans un court article daté de 2002 dans la revue *Nature*, où il synthétise l'ensemble des modifications environnementales apportées par les humains depuis la révolution industrielle attestant d'une entrée dans l'Anthropocène. Dans cet article, Crutzen mentionne un ensemble d'éléments quantitatifs responsables de l'entrée dans l'Anthropocène : une multiplication de la population humaine mondiale par 10 entre 1700 et 2000 ainsi qu'une augmentation équivalente du bétail ; un épuisement des ressources fossiles et l'envoi de CO₂ dans l'atmosphère ; l'intensification du rythme de disparition des espèces par un facteur 1000. Il ne s'agit alors que des critères « proxy » liés à l'anthropisation des milieux, et non, comme le voudraient les premiers débats autour d'une nouvelle époque géologique, des critères stratigraphiques. Le concept va donc se déplacer, de 2000 à aujourd'hui, à d'autres champs de savoirs scientifiques, en mobilisant des déplacements épistémologiques en jeu dans l'usage du mot « Anthropocène ».

En réalité, le concept d'Anthropocène est au départ un concept systémique, issu des Sciences de la Terre que l'IGBP met au cœur de ses recherches, dans le cadre de discussion interdisciplinaire entre scientifiques du monde entier. Lancé en 1986 avec l'appui de l'Académie royale des sciences de Suède à Stockholm qui héberge son secrétariat, l'IGBP va étudier combien la Terre se comporte comme un système où les processus biologiques et physiques par leurs interactions déterminent les conditions environnementales mondiales dominantes, mais aussi en montrant aussi que l'activité humaine est l'un des principaux facteurs de changement de ce système, « au point d'éloigner celui-ci de l'intervalle observé au cours des 700 000 dernières années et donc de fonctionner dans un état sans équivalent³. L'IGBP va de grands programmes de recherche (par exemple le projet international GAIM, Université du New Hampshire, USA, 1993-2004) sur l'analyse numérique de données, l'intégration et la modélisation globales d'indicateurs ou paramètres clés du Système Terre qui vont permettre de tirer des courbes, tracer des trajectoires et schématiser différents scénarios possibles d'évolution du Système Terre. Certaines de ces courbes tirées de bases de données seront rassemblées pour prendre le nom de « Grande Accélération », une autre manière de définir l'Anthropocène (Federau, 2017, p. 189).

Durant trois décennies, l'IGBP va animer des congrès et publier des travaux. C'est dans ce cadre que Crutzen, vice-président de l'IGBP introduit officiellement avec Stoermer le concept

³ « Earth system sciences, <http://www.igbp.net/researchprojects/earthsystemscience.4.d8b4c3c12bf3be638a8000682.html>

d'Anthropocène en 2000. Se tient une année plus tard, à Amsterdam, une conférence sur le Système Terre organisée par l'IGPB en partenariat avec d'autres programmes de recherche - the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), the World Climate Research Programme (WCRP) and the international biodiversity programme DIVERSITAS. Les échanges et la synthèse au sujet des travaux réalisés par ces programmes durant les décennies de la fin du XX^e siècle conduisent à une déclaration commune sur les sciences du Système Terre.

Dans cette Déclaration d'Amsterdam, le Système Terre est défini comme étant un système unique et autorégulé, composé d'éléments physiques, chimiques, biologiques et humains dont les interactions et les rétroactions sont complexes et présentent une variabilité temporelle et spatiale à plusieurs échelles. Concernant les changements induits par l'homme sur le Système Terre, on souligne que leur ampleur et leur impact sont comparables à ceux des grandes forces de la nature. Beaucoup de ces changements s'accroissent, et ils ont

des effets multiples qui se répercutent en cascade sur le système terrestre de manière complexe. Ces effets interagissent les uns avec les autres et avec les changements à l'échelle locale et régionale dans des schémas multidimensionnels difficiles à comprendre et encore plus difficiles à prévoir. Les surprises abondent. La dynamique du Système Terre se caractérise par des seuils critiques et des changements brusques. Les activités humaines pourraient déclencher par inadvertance de tels changements, avec de graves conséquences pour l'environnement et les habitants de la Terre. [...] Les activités humaines ont le potentiel de faire basculer le système terrestre vers d'autres modes de fonctionnement qui peuvent s'avérer irréversibles et moins hospitaliers pour les humains et les autres formes de vie. La probabilité d'un changement brutal de l'environnement terrestre provoqué par l'homme n'a pas encore été quantifiée, mais elle n'est pas négligeable⁴.

La déclaration d'Amsterdam met clairement les enjeux de l'Anthropocène au cœur d'un travail interdisciplinaire entre toutes les Sciences du Système Terre, dans lesquelles on retrouve bien évidemment les Sciences de la Terre, mais aussi, de tous les autres champs de la science, car l'Anthropocène est l'époque de l'humain, avec tout ce que cela veut dire sur le plan de l'individu et sur le plan collectif, économique, social, politique et culturel. De ce point de vue, la participation du Programme international sur les dimensions humaines du changement environnemental global (IHDP) aux travaux de la Conférence jusqu'à la signature de la Déclaration d'Amsterdam marque l'intégration et l'intensification de l'approche interdisciplinaire en Anthropocène, à partir du moment où cette nouvelle époque a été appelée comme telle, au début des années 2000, dans des publications scientifiques sans pour autant être, jusqu'à aujourd'hui, reconnue officiellement par la stratigraphie, seule science dûment habilitée pour cela.

3. La Grande Accélération et les controverses liées à la complexité de l'Anthropocène

Si on reprend la proposition de Castoriadis (1975, 1993), on peut dire que la complexité est liée à la possibilité d'un co-engendrement des éléments et de la forme, c'est-à-dire à une structuration du type boucle autopoïétique étrange. Avec les deux exemples avancés par Castoriadis (« cercle ADN-protéines » et co-engendrement cité-citoyens), la complexité semble typique de l'humain et du sociétal.

De son côté, le fait que le mot Anthropocène soit lancé sans être précisément défini – même en 2011 Steffen, Grinevald, Crutzen et McNeil reconnaissent la dimension encore informelle

⁴ Berrien M. & al. (2001).

du terme d'Anthropocène - et sans que les frontières académiques habituelles ne soient respectées est paradoxalement pour beaucoup dans le succès de ce terme, dans sa complexité et son investissement, par un ensemble disciplinaire très hétérogène, avant que les stratigraphes s'en saisissent à leur tour.

Une nouvelle étape significative de reconnaissance de cette nouvelle époque géologique devrait être franchie prochainement, avec l'établissement d'une date officielle d'entrée. Pour cela, la Commission internationale de stratigraphie (IGS), en tant qu'organisme décidant de l'échelle des temps géologiques, a mis en place, en 2009, le groupe de travail sur l'Anthropocène (AWG) composé presque exclusivement de scientifiques dont de nombreux stratigraphes. Présidé par le paléobiologiste Zalasiewicz, l'AWG espère terminer prochainement, le processus de définition d'une date d'entrée en Anthropocène par une ratification officielle par l'Union Internationale des Sciences Géologiques (Zalasiewicz et al., 2017). Les scientifiques de l'AWG considèrent cette césure dénommée la Grande Accélération comme la date la plus convaincante pour identifier l'entrée en Anthropocène (Steffen, W. et al., 2015) à partir de marqueurs géologiques comme des radionucléides anthropiques (Zalasiewicz et al. 2015), par exemple le ^{239}Pu , associés à l'explosion de la première bombe nucléaire le 16 juillet 1945. La Grande Accélération est aussi associée à un ensemble d'indicateurs statistiques globaux, tant naturels que sociaux, qui ont connu une évolution extrêmement rapide voire exponentielle depuis le milieu du XXe siècle. À l'échelle mondiale, celle-ci se traduit par la croissance d'indicateurs interconnectés (Steffen, W. et al., 2011), douze indicateurs naturels comme la concentration dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane...) à long terme et douze indicateurs sociaux comme la population, le PIB mondial, les téléphones, les véhicules à moteur, etc.

On peut dire que la Grande Accélération est l'autre nom de l'Anthropocène, non pas d'abord sous l'angle géologique, mais systémique avec des notions complexes comme celles liées aux systèmes non linéaires ou encore à des dynamiques de certains processus systémiques qui changent radicalement de comportement si des variables atteignent certains seuils critiques. Il est encore difficile de déterminer « avec précision les seuils critiques du fait de connaissances encore très lacunaires dans le fonctionnement de ces systèmes complexes » (Federau, 2017, p. 95). Dans un article publié en 2009 révisé en 2015, un groupe de scientifiques, dont Rockström, Crutzen et Steffen, avancent l'idée de limites planétaires comme « un ensemble de variables de contrôle déterminés par l'homme et mises à distance « sûre » des niveaux dangereux (pour les processus qui n'ont pas de seuil connu au niveau continental ou global) ou du seuil global » (Steffen, W. et al., 2015). De telles « transitions critiques » ou dynamiques non linéaires peuvent être observées à grande échelle comme la fonte de la glace de la mer arctique causée par le réchauffement climatique, mais aussi à « des échelles inférieures (par exemple, le franchissement de seuils dans les lacs, les forêts et les savanes, suite à un changement d'affectation des terres, à l'utilisation de l'eau et à la charge en nutriments). De tels changements non linéaires, d'un état désiré à un état non désiré, peuvent au total devenir une préoccupation globale pour l'humanité, s'ils se produisent sur toute la planète » (Rockström et al., 2009).

Dans l'étude publiée en 2015, il est établi selon les scientifiques, que les niveaux de perturbation anthropique de quatre des processus caractéristiques du Système-Terre (changement climatique, l'érosion de la biodiversité, l'utilisation des terres, les cycles de l'azote et du phosphore) ont provoqué un dépassement des limites planétaires de chacun de ces processus (Steffen et al, 2015a). L'année 2015 marque aussi le passage d'un seuil significatif dans la concentration en CO_2 dans l'atmosphère qui franchit alors le seuil des 400

ppm (parties par millions, équivalent à 0,04 % de CO₂ en moyenne dans l'atmosphère), taux jamais dépassés depuis le début du Quaternaire, il y a un peu plus de 2,7 millions d'années. Une limite planétaire qui a fait l'objet de la sensibilisation la plus grande sans doute, depuis des décennies, dans les sociétés et aussi dans les institutions scolaires, vient aussi d'être franchie début 2022 : la pollution chimique (micro-plastiques, les pesticides, substances chimiques d'origine industrielle, etc.). Pour la première fois en 2020, la masse de matériaux transformés par l'Homme a dépassé celle de toutes les formes de vie sur Terre (Persson et al., 2022). Au total, cinq des neuf limites planétaires sont dépassées à ce jour, et une sixième, l'acidification des océans, pourrait arriver à un stade critique à cause l'augmentation de CO₂ de l'atmosphère et la perturbation du cycle de l'azote. Si nous voulons que la Terre reste habitable pour le plus grand nombre, il nous faut apprendre à réinventer nos modes de vie, nos relations avec le vivant, et une manière responsable d'habiter la Terre.

Plusieurs controverses au sujet de l'Anthropocène, à commencer par celle relative à la notion de responsabilité permettent aussi de se représenter la complexité de cette nouvelle époque. Qui est responsable de l'Anthropocène ? Est-ce l'humanité entière ou seulement une poignée d'humains reconnus comme responsables de 95% de la situation environnementale contemporaine ? Si le débat contemporain portant sur la question de la datation de l'entrée dans l'Anthropocène est si vif, c'est parce qu'il amène cette question de la responsabilité. Le concept de Capitalocène (Bonneuil et Fressoz, 2013 ; Malm et Hornborg, 2014) à la finalité politique, condense de façon éclatante des caractéristiques propres à notre époque et ravive la question de la responsabilité que masque le concept d'Anthropocène. Dans cette bataille épistémohistoriographique, et partant, politique, un cortège d'autres formes brèves, toutes aussi ramassées, ont fait leur coup d'éclat, avec des fortunes diverses : Plantationocène, Chthulucène (Haraway, 2015), Anglocène (Bonneuil et Fressoz, 2013) ou encore Négrocène (Ferdinand, 2019). En fonction de la forme retenue, différentes dates d'entrée dans cette nouvelle époque peuvent être retenues suivant plusieurs hypothèses. Les premières renvoient à un Anthropocène précoce remontant pour certains à l'âge de pierre (Doughty, 2013) ou il y a 5 000 à 8 000 ans avec le développement de l'agriculture et des rizières (Kaplan et al., 2011). D'autres hypothèses positionnent l'entrée dans l'Anthropocène avec la rencontre de l'ancien et du nouveau monde (Lewis et Maslin, 2015) ou avec la révolution industrielle du XIX^e siècle (Crutzen, 2002). D'autres hypothèses encore la situent avec la grande accélération de la consommation des productions industrielles du milieu du XX^e siècle.

La deuxième controverse, très peu présente dans le débat scientifique, apparaît dans l'espace public entre des conceptions catastrophistes (un grand effondrement ou *collapse* est à venir et nous devons tout changer tout de suite) et des postures conservatrices qui nient tout changement (*climate deniers*), ou qui minimisent le rôle des humains ou les conséquences du changement climatique (*climate delayers*). Cette controverse n'est pas scientifique (il n'existe plus de climatologue pour nier le dérèglement climatique d'origine anthropique). Elle n'en demeure pas moins emblématique de la prise de conscience très récente (même à l'échelle de l'histoire de l'humanité) de cette entrée dans l'Anthropocène qui a gagné tous les milieux (scientifiques, politiques, médiatiques...). Le bref s'apparenterait-il ici au rapide ? Un ensemble d'éléments ne font que peu l'objet de débats et de controverses au sein de la communauté scientifique internationale : les changements climatiques contemporains sont de nature anthropique et l'humanité est devenue un acteur géologique du système Terre et « restera une force géologique majeure pour plusieurs millénaires, et peut-être millions d'années » (Steffen., Crutzen et McNeil, 2007, p. 618).

La troisième controverse, plus récente encore, émerge également dans l'espace public. Avec les grèves climatiques des jeunes générations, sous l'impulsion de la jeune Suédoise Greta

Thunberg, une polarité inédite s'est mise en place. Ici la question climatique et de l'Anthropocène est présentée comme un conflit entre générations, avec des jeunes générations accusatrices. Elles reprennent directement à leur compte la notion de justice intergénérationnelle, qui n'existe pas ou peu dans un cadre démocratique. Le *Manifeste pour une justice climatique* (Notre affaire à tous, 2019) ou le *Manifeste étudiant pour un réveil écologique* (2018) en sont l'illustration.

L'étude des publications concernant tant les Sciences du système Terre que celles des Sciences humaines et sociales portant sur l'Anthropocène met en évidence une quatrième controverse que nous pouvons polariser entre des conceptions politiques prométhéennes et postprométhéennes, ce que Bruno Latour (2015) appelle les Humains contre les Terrestres. Les conceptions politiques prométhéennes se matérialisent par l'importance des réflexions de géoingénierie développée par les chercheurs du système Terre, particulièrement technophiles et relativement pessimistes quant à la possibilité pour l'aventure humaine de traverser l'Anthropocène autrement qu'en prenant le contrôle du système Terre (ce que les chercheurs appellent le « management du système Terre »). Les conceptions politiques postprométhéennes sont davantage développées par des chercheurs issus des Sciences humaines et sociales (Malm & Hornborg, 2014 ; Meadows, 2013 ; Löwbrand & al. 2014 ; Federau, 2017 ; Eckersley, 2017). Elles interrogent les effets de l'aventure humaine sur la planète Terre pour l'orienter nouvellement. Ce qui est investigué porte sur les changements des modes de vie et une forme de mutation anthropologique.

C'est le moment d'enrichir la conception du système complexe évoquée plus haut (« système dans lequel tous les éléments sont interconnectés »), en suggérant tout d'abord de passer de l'idée de connexion à celle d'interaction (Sallaberry, 2021). L'alinéa précédent, prenant en compte la dimension politique et historique, nous rappelle le « social-historique » de Castoriadis (1975) et l'idée de co-engendrement des éléments et de la forme, dû à la collaboration entre Barel, sociologue systémicien, et Castoriadis. Cette hypothèse, qui se construit au fil des échanges entre les deux chercheurs, est publiée en 1993 par Castoriadis, qui en profite pour réfléchir à la complexité. L'idée est que la *polis* « est impossible sans les *politai* — les citoyens — lesquels, pourtant, ne peuvent être fabriqués que dans et par la *polis*. » Castoriadis situe l'émergence de cette forme en Grèce, au VIII^e siècle avant Jésus Christ, mais le phénomène est similaire pour les nouvelles cités qui émergent en Occident autour de l'an mille (Barel, 1975). Le bourg libre est inconcevable sans les proto-bourgeois, qui sont inconcevables en dehors du bourg — l'état global dépend des états locaux, qui dépendent eux-mêmes de l'état global. Castoriadis propose de lier complexité et co-engendrement des éléments et de la forme. Il prend comme exemples le « cercle » ADN-protéines et la « création social-historique » de la *polis*. Ces deux exemples, outre leur intérêt, ouvrent vers une perspective transdisciplinaire que nous reprendrons plus loin. Sallaberry (2021, 2022) montre une analogie forte (structurale) entre le schéma dialectique en trois moments qui caractérise le fonctionnement d'une règle ou de toute institution et une boucle autopoïétique étrange (construite à partir des boucles proposées par Varela) qui modélise le fonctionnement d'une société. À partir de là, il peut proposer que la complexité soit caractérisée par le fonctionnement en boucle autopoïétique étrange⁵. Dans cette perspective, tout système complexe est lui-même structuré en boucle autopoïétique étrange.

Finalement, l'Anthropocène est investi tant par les tenants de changements radicaux dans nos modes de vie attachés à la décroissance que par les partisans du transhumanisme favorables à la poursuite néolibérale du monde. La polarisation évoquée précédemment entre des

⁵ Cf. Sallaberry 2021 et 2022, ainsi que l'article publié dans ce numéro.

conceptions prométhéennes et postprométhéennes est relative à la question du politique dans l'Anthropocène. Avec cette tension entre prométhéisme et postprométhéisme il nous semble que nous avons affaire à la plus grande ligne de fracture du XXI^e siècle, qui est même sous-jacente aux diverses formes politiques actuelles.

4. Approches systémiques et interdisciplinaires pour une éducation en Anthropocène

Ainsi, dans son origine, le concept d'Anthropocène est un concept systémique trouvant ses racines au sein des Sciences du système Terre, avant de s'étendre progressivement à tous les champs disciplinaires. Dans la première publication scientifique où il est fait référence à l'Anthropocène, Crutzen et Stoermer définissent cette nouvelle époque comme étant marquée par « le rôle central de l'homme en géologie et en écologie » (Crutzen et Stoermer, 2000, p. 17). Inventé par Ernst Haeckel en 1866 à partir du préfixe *oikos* (terme grec pour domaine ou maison), le mot « écologie » est peut-être aujourd'hui plus que jamais, synonyme d'« interaction » (Abbadie, 2013). On sait que l'*oikos* est, depuis toujours, relié à la culture de la terre, avec une dimension économique et politique, et plus globalement systémique dont on découvre aujourd'hui la pertinence pour analyser les transformations de l'Anthropocène y compris sur son volet éducatif (Prouteau, 2021). En outre, dans son *Introduction à l'Anthropocène*, le Professeur Ellis (2018, p. 131) consacre un chapitre intitulé *Oikos* pour mettre en évidence l'entrelacs grandissant et de plus en plus inextricable entre nature et société, comme le montre l'étude de la césure de la Grande Accélération. Cette dernière met en évidence des progrès techniques à première vue bénéfiques pour l'être humain, mais avec le recul, on réalise qu'elle produit des conditions environnementales et sociales d'existence irréversibles qu'aucune innovation technique ni mesure politique d'adaptation ne pourront corriger. Près de la moitié de l'humanité vit actuellement dans des environnements très vulnérables au changement climatique, avec une insécurité alimentaire importante et une grande difficulté d'accès à l'eau (IPCC, 2022).

Soulever la problématique de l'habitabilité de l'*oikos*, la maison commune de tous les vivants, engage nouvellement une réflexion sur tous les savoirs et la science dans son ensemble pour mieux comprendre l'ampleur des bouleversements environnementaux liés aux interactions entre les activités humaines et les processus biophysiques. C'est le cas, par exemple, de Kate Raworth (2018) qui, comme économiste, élabore sa "théorie du donut" à partir des travaux en sciences de la Terre et des neuf limites planétaires pour penser la transition écologique et « l'évolution de l'humanité dans un espace sûr » (Rockström, 2009). La Grande Accélération est concomitante d'interactions de plus en plus intenses et étroites entre les systèmes environnementaux et les systèmes humains, sociaux, économiques et politiques. Sur le plan épistémologique, ceci ne conduit-il pas à produire des connaissances nouvelles à partir d'un décloisonnement disciplinaire ?

Si un des enjeux majeurs de l'éducation en Anthropocène est de construire une conscience critique et éclairée pour permettre une capacité d'agir, personnellement et de concert, doit-on encore souligner la nécessité de la penser de manière systémique et interdisciplinaire ? Il convient de définir des programmes et des outils pédagogiques qui répondent à un tel enjeu, de développer des cours interdisciplinaires à partir d'un large panorama et de collectifs d'enseignants. Ceux-ci doivent s'aventurer sur de nouveaux champs de connaissances et aussi, s'interroger sur la manière dont se construisent des savoirs scientifiques à l'heure de l'Anthropocène. Dans l'enseignement supérieur, on peut identifier plusieurs référentiels de

compétences élaborés depuis 2016 par différents groupes de travail, certains privilégiant des entrées par compétences (la CGE et la CPU en 2016, le rapport Jouzel en 2022), d'autres des entrées cognitives comme l'UNESCO, ou encore le collectif FORTES (six portes d'entrée) qui en plus, « apporte des dimensions sensibles et corporelles, absentes du référentiel CGE/CPU de 2016 » (Jouzel et Abbadie, 2022, p. 16). Les référentiels proposant une entrée par compétences permettent aux enseignants d'être libres de leur pédagogie, alors que, dans le cadre du Collectif FORTES, l'élaboration des programmes et itinéraires pédagogiques laissent aussi libre cours à la créativité des enseignants mais cette fois-ci dans le jeu des permutations entre les six portes qui s'appuient sur l'interdisciplinarité de connaissances à approfondir et à mobiliser pour développer les compétences requises. Bien évidemment, « les sciences sont influencées par les cultures où elles se développent et ont elles-mêmes des effets sur les choix collectifs » (Collectif FORTES, p. 327). Les scientifiques du collectif FORTES voient la nécessité d'une critique d'une conception naturaliste à la fois dualiste et déconnectée de toute dimension narrative et herméneutique en relation avec les cultures qui influencent les sciences. Le décloisonnement des disciplines passe par « le développement d'approches pluri-, inter- et transdisciplinaires » (ibid., p. 78).

Une politique de l'éducation en Anthropocène est pensée à partir d'approches systémiques et interdisciplinaires, depuis les écoles primaires, collèges et lycées jusqu'aux établissements d'enseignement supérieur. On souhaite que l'acquisition des savoirs, tout au long de la scolarité, s'inscrive dans une éducation transversale et interdisciplinaire où l'élève s'engage dans des projets mobilisant les équipes éducatives des établissements et leurs partenaires (familles, associations, acteurs des secteurs économiques et professionnels, collectivités, etc.). On cherche à ce que les élèves soient « formés aux approches systémiques et aux réflexions basées sur le fonctionnement de modèles, tant dans le domaine de l'étude de la biodiversité et des enjeux liés (notamment l'enseignement des SVT au collège et au lycée) que dans celui du changement climatique (SVT, SPC, enseignement scientifique, géographie, économie, ...) ». » (Jouzel et Abbadie, p. 20). Dans l'enseignement supérieur, il faut pouvoir les approfondir « à travers l'enrichissement des contenus des formations spécialisées existantes, la proposition d'unités d'enseignement pluridisciplinaires et orientées vers l'action, l'inclusion dans des projets à l'échelle des campus et des territoires » (ibid., p. 14).

Tout au long de parcours, on veut privilégier une approche par les compétences. Celle-ci intègre les contenus de formation comme des ressources au service du « développement de compétences certes, mais aussi les intentions pédagogiques suivantes : Accroître le sens de l'autonomie et de l'initiative ; Développer la pratique de l'autoévaluation ; Promouvoir la collaboration ; Favoriser la pensée critique ; Encourager l'établissement de liens interdisciplinaires » (Université de Montréal, « Approches par les compétences »). Ces approches reprises dans le rapport Jouzel de 2022 soulignent aussi l'importance d'une formation scientifique et éthique. D'une part, chaque étudiant « construit ses connaissances et ses compétences en établissant des liens entre les nouveaux savoirs et ce qu'il sait, en formulant des hypothèses, en les mettant à l'épreuve, en résolvant des problèmes concrets, en élargissant et en organisant son propre répertoire de connaissances, ainsi qu'en échangeant avec ses pairs » (ibid.). D'autre part, on prend soin d'exercer un « savoir-agir éthique, pertinent, réfléchi et responsable chez l'étudiant » (ibid.).

Cela suppose, bien évidemment, que la formation initiale et continue des enseignants fasse aussi une large place à une « indispensable vision systémique et interdisciplinaire » (Jouzel et Abbadie, p. 24). Les contenus du Master MEEF ne devraient-ils pas intégrer explicitement la Transition écologique, « dans une approche systémique et interdisciplinaire, ne serait-ce que

dans le cadre de la formation à la citoyenneté dont elle est inséparable » (ibid., p. 21) ? Cette approche souhaitée rencontre les difficultés liées à une gestion des carrières des enseignants et enseignants-chercheurs envisagée jusqu'à aujourd'hui uniquement sous l'angle de l'appartenance à une discipline donnée. « L'appréhension des logiques de la Transition écologique implique une approche multidisciplinaire, voire transdisciplinaire » (ibid., p. 58).

5. De la transdisciplinarité en Anthropocène

« Que les disciplines des différentes sciences expérimentales se pénètrent les unes les autres, en dépit des cloisons étanches que notre esprit assoiffé d'ordre place partout comme des barrières infranchissables, et nous ferons peut-être de nouvelles et fructueuses moissons. Les fleurs des arbres, éternellement immobiles, se cherchent les unes les autres et l'abeille vient à leur secours : que l'esprit de synthèse joue ce rôle dans nos sciences qui s'isolent chaque jour un peu plus par leur extrême spécialisation ».

Maurice Mathis, *Le peuple des abeilles*, PUF, 1947.

L'objectif qui pouvait être pour « l'Honnête Homme » du Siècle des Lumières de devenir un savant universel, à la noble manière antique, n'est tout simplement plus possible aujourd'hui. Logiquement et en parallèle, les « savoirs scolaires » se sont complexifiés et étendus sans que personne ne puisse facilement les dénombrer et les circonscrire précisément. Le temps scolaire en France, déjà le plus long d'Europe, a ensuite voulu absorber, en plus des Programmes, un Socle commun de connaissance, de compétences et de culture (SCCC), qui aborde dans son essence notre présence au monde de façon transversale *via* une nouvelle approche basée sur les « savoir-être ». Entre les deux se trouve un espace pour la « multi » (ou « pluri ») disciplinarité (l'étude d'un domaine unique à partir des points de vue de plusieurs disciplines) et pour l'interdisciplinarité (le transfert des méthodes entre disciplines). Pour Yves Lenoir (et al. 2001), l'interdisciplinarité s'appuie ainsi totalement sur les disciplines, caractérisées par un contenu cognitif formalisable avec des objectifs spécifiques.

Issue de la révolution quantique (Bitbol, 1997 ; Nicolescu, 2011, p. 91), la transdisciplinarité trouve une place naturelle dans la prolongation de tous les domaines des sciences fondamentales et humaines au niveau de l'enseignement supérieur et de la recherche, en les intégrant et en les « dépassant » et également dans les secteurs associatifs, du soin, des arts etc. Dans le terme « transdisciplinarité », le préfixe « trans » est souvent compris par les auteurs comme ce qui est *entre*, *à travers* et *au-delà* du disciplinaire. Ce à quoi nous ajouterons également ce qui est *commun*.

Dans la logique de l'esprit du Cercle d'Eranos (pour des rencontres Ouest-Est, en Suisse, fondé par Olga Fröbe-Kapteyn en 1933) et dans la prolongation des réunions de chercheurs et de politiques du « Groupe des dix », animées essentiellement par Jacques Robin (1969-1976), est fondé en 1980 le GRT : « Groupe de réflexion sur la transdisciplinarité ». Il se compose de personnalités comme Atlan, Attali, Buron, Delors, Durand, Laborit, Morin, Passet, de Rosnay, Serres et d'autres. Gilbert Durand (1996) étudie par exemple le fondement de tous les savoirs et cherche un ordre qui les transcende et les relie. L'Unesco sera le vecteur principal de la reconnaissance et de la diffusion des travaux qui découleront de ce groupe⁶. En 1997, le Congrès International de Locarno (Suisse) sponsorisé par l'Unesco et le gouvernement du canton de Ticino adopte le texte « Déclaration et recommandations, quelle

⁶ <http://ciret-transdisciplinarity.org/basicdocumentsfr.php> (consulté le 11/02/2019)

université pour demain ? » qui promeut la transdisciplinarité comme principe directeur pour la recherche et l'enseignement.

La transdisciplinarité s'élabore progressivement notamment par les apports de Basarab Nicolescu, ancien chercheur en physique nucléaire du CNRS et membre fondateur en 1987 du Cîret (Centre international de recherches et études transdisciplinaires). Ont fait partie de cette association les prix Nobel Abdus Salam et Ilya Prigogine ainsi que d'autres personnalités comme Carrière, Cazenave, Durand, Morin, Quéau, Wolton. Nicolescu a publié son premier livre en 1968. Comme il l'explique dans un entretien (Alvarenga, 2005), sa conception de la transdisciplinarité s'est construite à partir de son « goût initial de l'approche apophasique » et s'est développée ensuite par sa découverte de « la physique quantique nourrie par Heisenberg, Pauli, Bohr et Gödel ». Il a élaboré graduellement la méthodologie (et non la méthode, pas plus que le paradigme) de la transdisciplinarité, de façon non dogmatique, non strictement formelle et ouverte dans les années 1970. Elle cherche à établir des liens entre les phénomènes en exploitant les postulats de la physique quantique et en explorant les nouveaux modèles construits après Newton et les mécanismes de la pensée linéaire qui séparent différents niveaux de matérialité. Cette conception de l'être humain (le sujet, les systèmes sociaux) et de l'univers (l'objet, les systèmes naturels) qui serait fragmentée et parcellaire est donc désormais considérée comme incomplète et inefficace pour nous connaître nous-même et pour comprendre le monde. Nous n'y trouverions que des « stocks » et pas des « flux ». Or, le monde est une succession de flux et pas seulement une accumulation de stocks. Le chercheur travaille ici au-delà de champs pré-cloisonnés pour rechercher une « unité de la connaissance ». Cette approche s'appuie notamment sur les travaux phénoménologiques d'Edmund Husserl (1934).

À la suite d'un séjour de recherche à Bekerley où Nicolescu rencontre Chew et Stapp, ceux-ci l'encouragent à la faire connaître. Il la publie progressivement à partir de 1982. Celle-ci unifie les sciences exactes et les sciences humaines en intégrant la question du Sujet, ce que la méthodologie des sciences modernes s'était refusée à faire depuis la méthodologie galiléenne, ce qui a amené la science à toucher ses propres limites. Nicolescu (1996) propose d'élaborer la méthodologie transdisciplinaire à partir de trois axiomes (parfois appelés postulats ou encore piliers) constitutifs :

- D'abord l'axiome logique, datant de 1969, avec le tiers inclus, dans le prolongement de la dialectique de Hegel puis de la logique de Lupasco (1951/1987). Il permet « d'intégrer le contradictoire ou l'antagonisme, sans la contradiction, mais en ne l'abandonnant pas non plus » (Proulx, 2016, p. 172).

- Puis l'axiome ontologique, datant de 1982. Il est constitué de différents Niveaux de Réalité, tant pour les objets que pour les sujets. Il reprend les termes utilisés par Heisenberg dans son *Manuscrit de 1942* (Heisenberg et Chevalley, 2018). Il permet de comprendre un réel encore voilé qui dépasse les controverses habituelles du type « monistes *versus* atomistes », connue depuis Démocrite.

- Et enfin l'axiome épistémologique, datant des années 1980, qui englobe en particulier l'approche de la complexité selon Morin (1992).

Actuellement, ces axiomes mobilisent plusieurs concepts tels que les zones de non-résistance (Nicolescu, 1982) ; les logiques de Tiers inclus (Nicolescu, 1985) et de Tiers caché (Pasquier, 2016a), pour aboutir à des explications du fonctionnement du monde, comme avec la notion de Transréalité (Nicolescu, 2014).

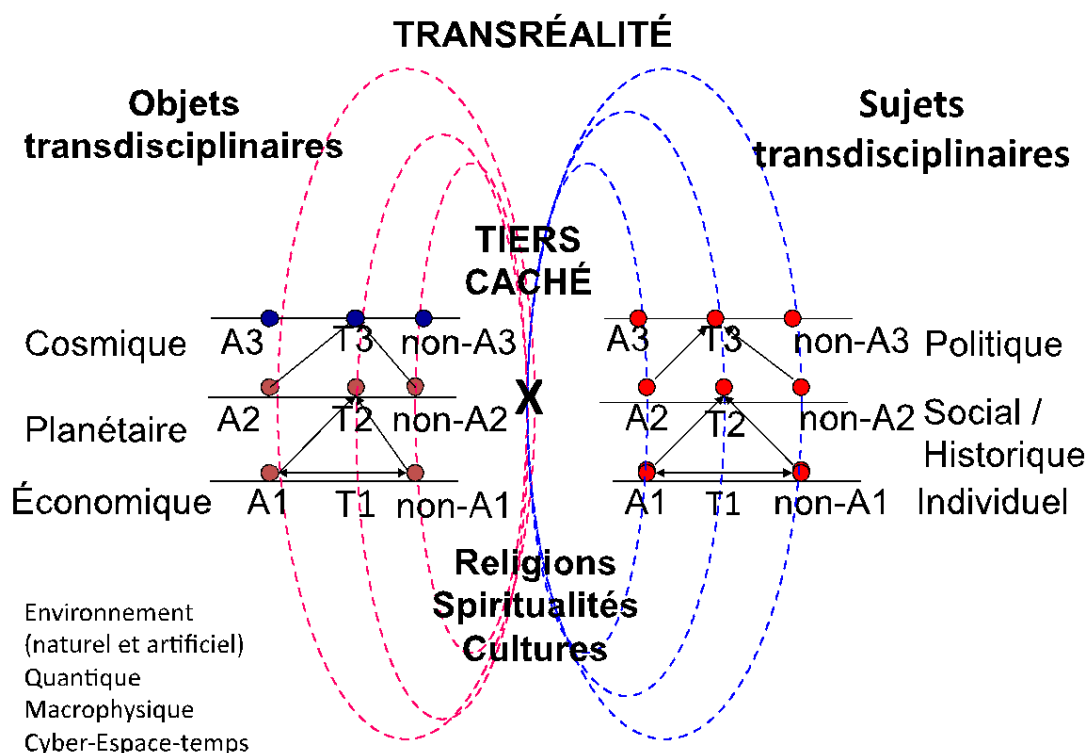


FIGURE 8. LA TRANSREALITE SELON BASARAB NICOLESCU (PASQUIER, 2017A)

Ce schéma synthétise certains des concepts précédents et montre leurs articulations : les oppositions apparentes des mondes des sujets et des objets sont résolues par le Tiers inclus (Tn). L'articulation entre les deux aboutit à la notion de Tiers caché (Pasquier, 2016).

La transdisciplinarité peut être employée parfois au côté de termes comme « complexité » (Le Moigne, 1999, 2014 ; Apgar, Argumedo et Allen, 2009), « systémique » (Durand, D., 2017), « système » (Lerbet, 1993) ou encore « systèmes de systèmes » (Bertalanffy et Chabrol, 2012 ; Simo & Lenne, 2018). En effet, la transdisciplinarité intègre ces domaines, les actualise et les dépasse par ses ouvertures.

Plusieurs qualificatifs et domaines peuvent précéder ou suivre le mot « transdisciplinaire » (TD), pour préciser son champ d'action. Nous pouvons les regrouper en trois grandes catégories, du concept à la pratique, en passant par l'intégration :

- l'esprit transdisciplinaire : pensée TD (Random, 1997), approche TD (Mangano, 2018), regard TD (Gigand, 2007), chemin TD (Welter, 2005), compréhension TD (Galati, 2011, 2015), pari TD (Resweber, 2000), réflexion TD (Ruano, 2018a) ; *global transdiscipline* (Aguirre et Wilcox, 2008), *T-D Habits of Mind* (Mishra, Koehler et Henriksen, 2011) ;
- l'enseignement et la recherche transdisciplinaires : apprentissage et études TD⁷, pédagogie et apprentissage TD (McGregor, 2014), *TD learning* (Wall et Shankar, 2008 ; Stahl, Cimorelli, Mazzarella et Jenkins, 2011 ; Park et Son, 2014), éducation TD (Almeida, 2008), *TD graduate Education* (Derry, 2006), *TD higher Education* (Gibbs, 2017), *Academy Of TD Education And Research* (Ertas, 2000), *TD research* (Pohl, 2011), ingénierie éducative TD (Ertas et al, 2000), compétences TD (Collado Ruano, 2019) ;

⁷ <http://www.theatlas.org> (consulté le 02/07/2020)

- la mise en œuvre transdisciplinaire : outil TD (Gigand, 2010), ingénierie et sciences TD⁸, travail TD (Salem, 2008), méthodologie TD (Galvani, 2016), *TD Engineering Education And Research Model* (Ertas & al., 2000), concept TD (Frayssinhes, 2016), stratégie TD (Kolesnikova, 2018), maillage TD (Dobrzynski et Ciccone, 2017)

La transdisciplinarité est une idée en tâche de fond récurrente dans les programmes de l'Unesco, comme en ce qui concerne les premiers programmes de développement durable dès 1994 où elle était présente sans être mentionnée en tant que telle (Proulx, 2016) jusqu'à sa conscientisation et sa mention en tant que concept central affirmé, comme dans cette schématisation :

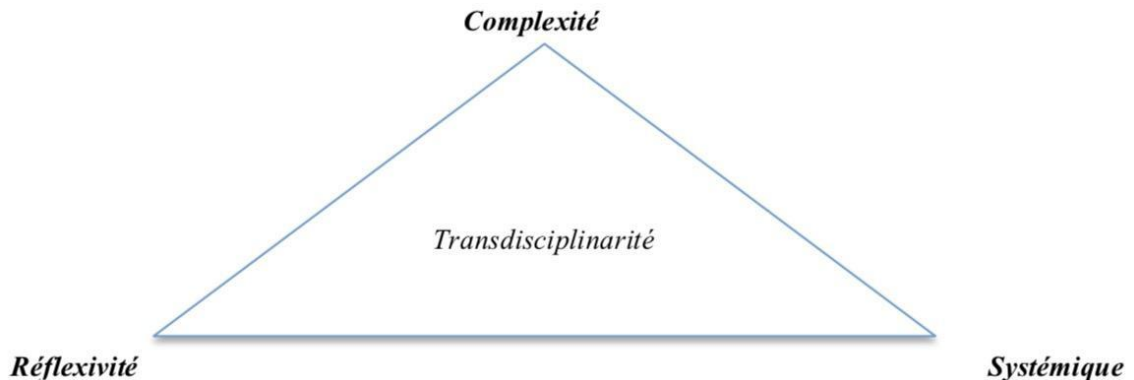


FIGURE 9. LE TRIANGLE DE LA TRANSDISCIPLINARITE (DIEMER ET MARQUAT, 2014)

Ces deux auteurs dressent un cadre conceptuel de la transdisciplinarité introduit par trois principes (les côtés du triangle) qui en soulignent le côté scientifique tout en ouvrant, disent-ils, à la possibilité d'une multitude de réalités et à la réhabilitation du monde des sensations.

Le concept d'Anthropocène trouve un point d'ancrage des publications scientifiques pluridisciplinaires, et il est investi par les deux côtés de la bataille idéologique et politique du XXI^e siècle sur laquelle se greffe de façon complexe l'habituelle scission entre progressisme et conservatisme. Mais il recouvre également une forte consistance anthropologique : quels humains souhaitons-nous devenir ? Il permet une réelle rupture avec des conceptions essentialistes de l'humanité ; il permet même d'aller au-delà de la composante contingente de la notion de condition humaine puisque les conditions de la vie humaine en société sont en cours de reconfiguration et caractérisées par une réelle incertitude. Le système Terre a quitté l'orbite d'autorégulation climatique des derniers millénaires pour un nouvel horizon pouvant venir compromettre la pérennité de l'aventure humaine. Seule une mutation anthropologique de nature à consolider le politique permettra à l'aventure humaine de se poursuivre (Wallenhorst, 2021).

Hors du monde profane, nous pouvons observer que l'Encyclique « *Laudato si* » (François & Gmür, 2015) utilise une dizaine de fois l'expression « tout est lié ». C'est le même esprit d'intégration et d'interaction que celui de la transdisciplinarité qui est convoqué. Ceci nous amène pour finir à la question de la conscience (Bohm, 1990 ; Guillemant et Morisson, 2015). Elle est de plus en plus mise en lien avec la tradition, la spiritualité et la science (de Chardin, 1955/2007) et mobilise les travaux de nombreux chercheurs issus du monde des sciences exactes comme Jean-Pierre Gerbaulet (2019) de Supélec (option physique nucléaire) et actuel

⁸ <http://atlas-journal.org> (consulté le 02/07/2020)

président de l'institut de recherche N'Light⁹ dédié aux « médecines traditionnelles et non conventionnelles sur les énergies du monde du vivant : énergie vitale et énergie Psi (ou mentale) associée à la conscience » ou encore Michel Bitbol (2014) du Cnrs¹⁰. Car la notion de conscience est nécessaire pour comprendre la logique des « niveaux de réalité ».

Les spiritualités émergent comme expression du Tiers Caché, en fonction des cultures et des religions considérées. Nicolescu (2010) développe même spécifiquement une « herméneutique transdisciplinaire » issue de la méthodologie transdisciplinaire permettant de transcender le débat qu'il estime être sans fin entre « *homo economicus* » et « *homo religiosus* ». Lors d'un échange où nous avons proposé de résumer le but de la transdisciplinarité comme étant l'étude de la conscience, Basarab Nicolescu avait ainsi aussitôt ajouté : « et de la spiritualité »¹¹.

⁹ <https://www.n-light.org/> (consulté le 02/07/2020)

¹⁰ <https://lejournal.cnrs.fr/conscience> (consulté le 02/07/2020)

¹¹ Source : entretien avec F. Pasquier, mars 2019.

Bibliographie

- Abbadie, L. (2013). « L'écologie, une science pour le développement durable », CNRS Éditions. <http://www.openedition.org/6540>
- Adams, W.H.D. (1856). *The History, Topography, and Antiquities of the Isle of Wight*, London, Smith Elder.
- Aguirre, A., & Wilcox, B. A. (2008). *EcoHealth : Envisioning and Creating a Truly Global Transdiscipline*. *EcoHealth*, 5(3), p. 238-239. <https://doi.org/10.1007/s10393-008-0197-6>
- Almeida, M. D. C. de (2008). *Ecologia da Ciência, ética da diversidade e educação transdisciplinar. Desenvolvimento e Meio Ambiente*. <https://doi.org/10.5380/dma.v18i0.13429>
- Alvarenga, A. T. de, Sommerman, A., & Alvarez, A. M. de S. (2005). « Congressos internacionais sobre transdisciplinaridade : Reflexões sobre emergências e convergências de ideias e ideais na direção de uma nova ciência moderna », *Saúde e Sociedade*, 14(3), p. 9-29. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902005000300003>
- Apar, J. M., Argumedo, A., & Allen, W. (2009). « Building Transdisciplinarity for Managing Complexity : Lessons from Indigenous Practice ». *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences: Annual Review*, 4(5), p. 255-270. <https://doi.org/10.18848/1833-1882/CGP/v04i05/52925>
- Aubin, J.-P. & Haddad, G. (2005). « Complexité » in Rey, Alain, *Dictionnaire Culturel en langue française*, Le Robert.
- Barel, Y. (1975). *La ville médiévale — système social, système urbain*, Grenoble, PUG.
- Berrien, M. III (Chair, IGBP) ; Underdal, A. (Chair, International Human Dimensions Programme); Lemke, P. (Chair, World Climate Research Programme); Loreau, M. (Chair, DIVERSITAS) (2001). « 2001 Amsterdam Declaration on Earth System Science », *Challenges of a Changing Earth: Global Change Open Science Conference Amsterdam*, The Netherlands 13 July 2001. <http://www.igbp.net>
- Bertalanffy, L. von, & Chabrol, J.-B. (2012). *Théorie générale des systèmes : Physique, biologie, psychologie, sociologie, philosophie*, Dunod.
- Bitbol, M. (1997). « En quoi consiste la 'Révolution Quantique' ? », *Revue Internationale de Systémique*, 11, p. 215-239.
- Bitbol, M. (2014). *La conscience a-t-elle une origine ? Des neurosciences à la pleine conscience : Une nouvelle approche de l'esprit*, Flammarion.
- Bohm, D., Peat, F. D., & Derblum, C. (1990). *La conscience et l'univers*. Ed. du Rocher.
- Bonneuil, Ch. & Fressoz, J.-B. (2013). *L'événement Anthropocène*, Seuil.
- Buffon, G. L. L. de, (1998). *Les époques de la nature*, Diderot éditions [1^{re} éd. 1778].
- Castoriadis, C. (1975). *L'institution imaginaire de la société*, Seuil.
- Castoriadis, C. (1993). « Complexité, magmas, histoire ». In *Système et paradoxe*, Seuil.
- Collectif FORTES (2020). *Manuel de la Grande Transition*, Les Liens qui Libèrent.
- Crutzen, P. J. & Stoermer E. F. (2000). « The "Anthropocene" », *Global Change*, Newsletter, n°41 [archive], IGBP, p. 17-18.
- Crutzen, P. J. (2002). « Geology of Mankind: "The Anthropocene" », *Nature*, n° 415
- Dana, J. D. (1863). *Manual of Geology: Treating of the Principles of the Science with Special Reference to American Geological History, of the Use of Colleges, Academies, and Schools of Science*, Theodore Bliss & Co., Philadelphia / Trübner & Co., London.
- Derry, S. J. (2006). *Transdisciplinary Graduate Education. Symposium Socio-Technical Design for Lifelong Learning: A Crucial Role for Graduate Education*. <http://13d.cs.colorado.edu/~gerhard/papers/transdisciplinary-sharon.pdf>
- Diemer, A., & Marquat, C. (Éds.) (2014). *Éducation au développement durable : Enjeux et controverses* (1^{re} édition). De Boeck.
- Dobrzynski, A.-C., & Ciccone, A. (2017). « Maillage transdisciplinaire et fonction contenante : Clinique de la violence à l'adolescence ». *Dialogue*, n° 218(4), p. 125-140.
- Doughty, Ch; E. (2013). « Preindustrial Human Impacts on Global and Regional Environment », *Annual Review of Environment and Resources*, n° 38, p. 503-527.
- Dravet, F., Pasquier, F., Collado, J., & Castro, G. (2019). *Transdisciplinaridade e Educação do Futuro*. Cátedra Unesco de Juventude, Educação e Sociedade Universidade Católica de Brasília. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02368494>
- Durand, G. (1996). « L'imaginaire lieux de 'l'entre-savoirs' ». In *Champs de l'imaginaire*, Ellug, p. 215-227.
- Durand, D. (2017). *La systémique* (13^e édition). PUF.
- Eckersley, R. (2017). « La démocratie à l'ère de l'Anthropocène », *lapenseeecologique.com*, Vol. 1(1), p. 1-19, tr. fr. <https://www.cairn.info/revue-la-pensee-ecologique-2017-1-page-b.html> [consulté le 30 juin 2021].
- Ellis, E. C. (2018); *Anthropocene. A Very Short Introduction*, Oxford University Press.
- Ertas, A. (2000) "The Academy of Transdisciplinary Education And Research (ACTER)". *J. Integr. Des. Process Sci.*, 4(4), p. 13-19.
- Ertas, A., Tanik, M. M., & Maxwell, T. T. (2001). « Transdisciplinary Engineering Education And Research Model ». *J. Integr. Des. Process Sci.*, 4(4), p. 1-11.
- Federau, A. (2016). *Philosophie de l'Anthropocène – Interprétation et épistémologie*, Thèse de doctorat en cotutelle de l'Université de Lausanne et de l'Université de Bourgogne, sous la direction des professeurs Dominique Bourg et Jean-Claude Gens.
- Federau, A. (2017). *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, PUF.
- Ferdinand, M. (2019). *Une écologie décoloniale*, Seuil.
- François, & Gmür, F. (2015). *Lettre encyclique Laudato Si du Saint-Père François sur la sauvegarde de la maison commune*, Éditions Saint-Augustin.
- Frayssinhes, J. (2016). « La Mathématique : Concept transdisciplinaire de l'apprentissage sur les réseaux numériques », *Présences, revue transdisciplinaire d'étude des pratiques psychosociales*, 8, p. 1-33.
- Galati, E. (2011). « Compréhension transdisciplinaire et trialiste des comités d'éthique cliniques », *Pratique de la transdisciplinarité*, p. 1-8.

- Galati, E. (2015). *Los comités hospitalarios de bioética: Una comprensión trialista y transdisciplinaria desde el derecho de la salud* (1a ed). UAI Editorial.
- Galvani, P. (2016). « Quelle formation pour les formateurs transdisciplinaires ? Éléments pour une méthodologie réflexive et dialogique », *Présences*, revue transdisciplinaire d'étude des pratiques psychosociales, 9, 01-25.
- Gerbaulet, J. P., & Henry, M. (2019). « The 'Consciousness-Brain' relationship », *Substantia*, p. 113-118.
- Gibbs, P. (2017). *Transdisciplinary higher education: A theoretical basis revealed in practice*, Springer Berlin Heidelberg.
- Gigand, G. (2007). *Ingénierie du regard transdisciplinaire—L'événement entre incomplétude, autoréférence et indétermination*, L'Harmattan.
- Gigand, G. (2010). *Se cultiver en complexité : La trialectique, un outil transdisciplinaire*. Chronique sociale.
- Global IGBP Change, « Earth system sciences ». DOI : <http://www.igbp.net/researchprojects/earthssystemscience.4.d8b4c3c12bf3be638a8000682.html>
- Grinevald, J. (2007). *La Biosphère de l'Anthropocène : climat et pétrole, la double menace*, Repères transdisciplinaires (1824-2007), Genève, Georg / Éditions Médecine et Hygiène.
- Guillemant, Ph. & Morisson, J. (2015). *La physique de la conscience*, Trédaniel.
- Haraway, D. (2015). « Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: making kin », *Environmental Humanities*, n° 6, p. 159-165.
- Houghton, S. (1865). *Manual of Geology*, F.R.S., &c. London, Longmans, Green, and Co.
- Heisenberg, W., & Chevalley, C., (2018). *Le manuscrit de 1942*, Éditions Allia.
- Husserl, E., & Fink, E. (1934). *Die phänomenologische Philosophie Edmund Husserls in der gegenwärtigen Kritik*. Berlin : Pan-Verlagsgesellschaft.
- IPCC (2022). *Climate change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers*. https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf
- Jenkyn, Th. W. (1854). *Lessons in Geology, XLIX*. Chapter V. On the Classification of Rocks Section, *Popular Educator*, n° 4.
- Jouzel, J., Abbadie, L. (2022). *Former aux enjeux de la transition écologique dans le supérieur*, Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation., <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/sites/default/files/2022-02/rapport-former-aux-enjeux-de-la-transition-ecologique-dans-l-es-pdf-16808.pdf>
- Kaplan, J. O.; Krumhardt, K. M.; Ellis, E. C.; Ruddiman, W. F.; Lemmen, C., Goldewijk, K. K. (2011). « Holocene Carbon Emissions as a Result of Anthropogenic Land-cover Change », *The Holocene*, (5), p. 775-791.
- Keats, J. (2011). « Anthropocene », dans John Keats, *Virtual words*, Oxford, University Press of Oxford, p. 18-22.
- Kolesnikova, I. (2018). *Stratégie transdisciplinaire de la recherche sur l'éducation permanente*. Ciret. <http://ciret-transdisciplinarity.org/ARTICLES/KOLESNIKOVA.pdf>
- Laloux, F. (2014). *Reinventing organizations a guide to creating organizations inspired by the next stage of human consciousness*. Nelson Parker.
- Latour, B. (2015). *Face à Gaïa*, La Découverte.
- Le Conte, J. (1884). *Religion and Science: a series of sunday lectures*, New York, D. Appleton.
- Le Moigne, J.-L. (2014). *Exercices citoyens de veille épistémologique en bonne intelligence de la complexité*. L'Harmattan.
- Le Moigne, J.-L., & Groupe de recherche sur l'adaptation, la systémique et la complexité économique (Éds.). (1999). *Entre systémique et complexité, chemin faisant : Mélanges en hommage à Jean-Louis Le Moigne*. Presses universitaires de France.
- Lenoir, Y., Rey, B., & Fazenda, I. (2001). *Les Fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement*, Éditions du CRP.
- Lerbet, G. (1993). *Système, personne et pédagogie : Une nouvelle voie pour l'éducation*. ESF.
- Lewis, S. L. & Maslin, M. A. (2015). « Defining the Anthropocene », *Nature*, n° 519, p. 171-180.
- Lövbrand, E., Beck, S., Chilvers, J., Forsyth, T., Hedrén, J., Hulme, M., Lidskog, R., Vasileiadou, E. (2014). « Taking the Human (Sciences) Seriously: Realizing the Critical Potential of the Anthropocene », *ECPR General Conference*, Glasgow, 6 September 2014.
- Lupasco, S. (1951). *Le principe d'antagonisme et la logique de l'énergie*, Le Rocher.
- Lyell, Ch. (1835). *Principles of Geology* (In four Volumes), London, John Murray, AlbeMarle Street.
- Malm, A. & Hornborg, A. (2014). « The Geology of Mankind? A Critique of the Anthropocene Narrative », *The Anthropocene Review*, n° 1, p. 62-69.
- Mangano, M. F. (2018). *Relationship as a space "in between". A transcultural and transdisciplinary approach to academic teaching mediated by dialogue*. Università degli studi di Bergamo. <https://doi.org/10.6092/978-88-97413-28-8>
- Marsh, G P. (1970). *The Earth as Modified by Human Action: A New Edition of « Man and Nature »*, New York, Arno Press, [1^{re} éd. 1874].
- Mathis, M. (1947). *Le peuple des abeilles*, PUF.
- McGregor, S. L. T. (2014). Transdisciplinary Pedagogy and Learning. In M. J. Harkins & Z. Barchuk, *International conversations of teacher educators: Teaching and learning in a global world* (p. 1-17).
- Meadows, D. (2013). « Il est trop tard pour le développement durable », in A. Sinäi (dir.), *Penser la décroissance*, Paris, Presses de Sciences Po, p. 195-210.
- Mishra, P., Koehler, M. J., & Henriksen, D. (2011). The Seven Trans-Disciplinary Habits of Mind : Extending the TPACK Framework Towards 21st Century Learning. *Educational Technology*, 51(2), 22-28. JSTOR.
- Morin, E. (1992). *Introduction à la pensée complexe*, ESF.
- Morin E. (2005). « Complexité restreinte, complexité générale », *Colloque Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique*, Cerisy-La-Salle, juin 2005.
- Moore, J. W. (dir.) (2016). *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism*, PM Press, Oakland.
- Nicolescu, B. (1968). *Ion Barbu—Cosmologia « Jocului Secund »*, Editura pentru Literatura.
- Nicolescu, B. (1982). « Sociologie et mécanique quantique ». *3e Millénaire*, 1, p. 68-77.
- Nicolescu, B. (1985). *Nous, la particule et le monde*. Le Mail.

- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinarité : Manifeste*. Editions du Rocher.
- Nicolescu, B. (2010). « Methodology of Transdisciplinarity –Levels of Reality, Logic of the Included Middle and Complexity ». *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 1(1), p. 19-38.
- Nicolescu, B. (2011). « De l'interdisciplinarité à la transdisciplinarité : Fondation méthodologique du dialogue entre les sciences humaines et les sciences exactes », *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 7(1), p. 89-103. <https://doi.org/10.7202/1007083ar>
- Nicolescu, B. (2014). *From modernity to cosmomodernity: Science, culture, and spirituality*. New York : State University of New York Press.
- Notre affaire à tous (2019). *Comment nous allons sauver le monde – Manifeste pour une justice climatique*, Paris, Massot éditions.
- Park, J-Y., & Son J. -B. B. (2010). « Transitioning toward transdisciplinary learning in a multidisciplinary environment », *International Journal of Pedagogies and Learning*, 6(1), p. 82–93, Published on line 2014, <https://doi.org/10.5172/ijpl.6.1.82>
- Pasquier, F. (2016). « Le Tiers-Caché : Pour un nouveau paradigme en sciences humaines et sociales ». In *Le tiers caché : Dans les différents domaines de la connaissance*, Éditions le Bois d'Orion, p. 171-176. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-02146446v1>
- Pasquier, F. (2017). « La transdisciplinarité, combien de divisions ? ». *L'Année de la Recherche en Sciences de l'Éducation*, L'Harmattan, (<hal-02146462>)
- Persson, L., & al. (2022). « Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities », *Environmental Science & Technology* 2022 56 (3), 1510-1521. DOI: 10.1021/acs.est.1c04158.
- Pohl, C. (2011). What is progress in transdisciplinary research? *Futures*, 43(6), 618-626. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.03.001>
- Proulx, D. (2016). « Les racines « imaginaires » de la transdisciplinarité ». In *L'imaginaire durandien. Enracinements et envols en Terre d'Amérique*. Presses de l'Université Laval, p. 169-181 ;
- Prouteau, F. (2021). *Odyssée pour une Terre habitable*. Le Pommier.
- Rand, M. (1997). *La pensée transdisciplinaire et le réel : Textes et entretiens, suivis d'un hommage à Stéphane Lupasco*, Ed. Dervy.
- Raworth, K. (2018). *La théorie du donut : l'économie de demain en 7 principes*, Plon.
- Resweber, J. P. (2000). *Le pari de la transdisciplinarité : Vers l'intégration des savoirs*. L'Harmattan.
- Rockström, J. et al., (2009). « A safe operating space for humanity ». *Nature*, vol.461, n°7263, September 2009, p. 472-475.
- Ruano, J. C. (2018). Filosofía Cosmoderna: Reflexiones Transdisciplinarias sobre Naturaleza, Ciencia y Religión. *Ilu. Revista de Ciencias de las Religiones*, 23(0), 57-80-80. <https://doi.org/10.5209/ILUR.61021>
- Salem, G. (2008). *Transdisciplinarité et intersubjectivité*. Gazette de la CIMI: deuxième parution (automne 2008). <http://www.gerardsalem.com/cimi/webserv/webmod/getnewsletter-id=784.cfm.html>
- Sallaberry, J.-C. (2021). « Complexité : jalons pour une définition », *Ingénierie cognitive*, Vol. 21-5, N°1. <https://www.openscience.fr/Complexite-jalons-pour-une-definition>
- Sallaberry, J.-C. (2022). « Jalons pour une définition de la complexité et transdisciplinarité ». In *Basarab Nicolescu. L'Homme cosmodern. The Cosmodern Human. Omul cosmoderne*. Eds. Junimea (Roumanie), p. 51-64.
- Shantser, E. Virgilio (1973). « The Anthropogenic System (Period) », in *The Great Soviet Encyclopedia*, vol. 2, New York, Macmillan, p. 139-144.
- Simo, F. K., & Lenne, D. (2018). On the Systems Engineering Process of some Systems (of Systems). *2018 13th Annual Conference on System of Systems Engineering (SoSE)*, 425-430. <https://doi.org/10.1109/SYSESE.2018.8428708>
- Stahl, C., Cimorelli, A., Mozzarella, C., & Jenkins, B. (2011). Toward sustainability: A case study demonstrating transdisciplinary learning through the selection and use of indicators in a decision-making process. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(3), 483-498. <https://doi.org/10.1002/ieam.181>
- Steffen, W., Crutzen, P. J. & McNeil, J. R. (2007). « The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? », *Ambio, Royal Swedish Academy of Sciences*, Vol. 36, n°8, p. 618.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., McNeill, J. (2011). « The Anthropocene: conceptual and historical perspectives », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2011, vol. 369, n°1938, p. 842-867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. (2015). « Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet ». *Science*, 15 Jan 2015 • Vol 347, Issue 6223 • DOI: 10.1126/science.1259855
- Stoppani, A. (1873). *Corso di geologia, vol. 2, Geologia Stratigrafica*, Milano, Bernardoni Brigola Editori.
- Suess, E. (1924). *La face de la Terre*, Armand Colin, tr. fr [1^{re} éd. *Das Antlitz der Erde*, 1883-1909].
- Teilhard de Chardin, P. (1995). *Le phénomène humain*. Seuil.
- Université de Montréal, « Approches par les compétences », <https://cpu.umontreal.ca/expertises/approche-par-competences/>
- Varela F. J. (1989). *Autonomie et connaissance*, Seuil.
- Varela F. J., Thompson E. & Rosch E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit*, Seuil.
- Vernadsky, V. (2002). *La biosphère*, Librairie Félix Alcan, 1929 [1^{re} éd. 1926], tr. fr.
- Wall, S. & Shankar, I. (2008), “Adventures in transdisciplinary learning”, *Studies in Higher Education*,33:5, p. 551-565, <http://dx.doi.org/10.1080/03075070802373008>
- Wallenhorst, N. (2020). *La vérité sur l'Anthropocène*. Le Pommier.
- Wallenhorst, N. (2021). *Mutation. L'aventure humaine ne fait que commencer*. Le Pommier.

- Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Galuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E. C. ; Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Richter, D. D., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waple, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N., Wolfe, A. P. (2016). « The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene ». *Science*, 8 Jan 2016 • Vol 351, Issue 6269. DOI: 10.1126/science.aad2622
- Welter, R. (Éd.). (2005). *Transdisciplinarité : Un chemin vers la paix : actes du troisième congrès Science & conscience, Strasbourg, 16 au 18 mai 2003* (Rencontres internationales Science&conscience). Fbv pour le Cnrs.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Summerhayes, C. P., Wolfe, A. P., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E. C., Fairchild, I. J., Galuszka, A., Haff, P., Hajdas, I., Head, M. J., Ivar do Sul, J. A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Neal, C., Odada, E., Oreskes, N., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waple, M., Williams, M. (2017). « The Working Group on the Anthropocene: Summary of Evidence and Interim Recommendations », *Anthropocene*, n° 19, p. 55-60.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Ellis, M. A., Fairchild, I. J., Grinevald, J., Haff, P. K., Hajdas, I., Leinfelder, R., McNeill, J., Odada, E. O., Poirier, C., Richter, D., Steffen, W., Summerhayes, C., Syvitski, J. P. M., Vidas, D., Waple, M., Wing, S. L., Wolfe, A. P., Zhisheng, A., Oreskes, N. (2015). « When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal », *Quaternary International* 383, Elsevier, p.196-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>

Sitographie

<http://ciret-transdisciplinarity.org/basicdocumentsfr.php> (consulté le 11/02/2019)

<http://www.theatlas.org> (consulté le 02/07/2020)

<http://atlas-journal.org> (consulté le 02/07/2020)

<https://www.n-light.org/> (consulté le 02/07/2020)

<https://lejournal.cnrs.fr/conscience> (consulté le 02/07/2020)

<https://www.cnrtl.fr/definition/complexe>