

L'anthropocène est-il un concept d'histoire de la Terre? Le nom qui ne dit pas son épistémologie

Sébastien Dutreuil

▶ **To cite this version:**

Sébastien Dutreuil. L'anthropocène est-il un concept d'histoire de la Terre? Le nom qui ne dit pas son épistémologie. Rémi Beau; Catherine Larrère. Penser l'Anthropocène, Presses de Sciences Po, pp.355-374, 2018, 2724622103. hal-01789716

HAL Id: hal-01789716
https://hal.science/hal-01789716

Submitted on 3 Jul 2018

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.

L'anthropocène est-il un concept d'histoire de la Terre ? Le nom qui ne dit pas son épistémologie

Sébastien Dutreuil

L'anthropocène a été ces dernières années l'occasion de déclarations grandioses : les humains seraient devenus une force géologique comparable à la tectonique des plaques ; ils feraient leur entrée dans la grande fresque de l'histoire de la Terre des géologues.

L'appel aux *roches*, à la *tectonique*, à la *géologie* a déjà quelque chose de surprenant quand on sait que ce qui est en jeu concerne davantage les enveloppes externes – la biosphère, l'atmosphère, les océans, les sols – que la Terre solide. Mais, et c'est ce que nous voudrions montrer ici, on ne comprend rien de l'anthropocène si l'on prend trop au sérieux l'idée que ce concept a pour fonction de désigner une époque géologique, ou une ère, une période, peu importe : une partie de l'*histoire* de la Terre.

Outre le nom même du concept – l'anthropocène, succédant à l'Holocène – plusieurs éléments ont contribué à entériner l'idée pourtant très étrange suivant laquelle il était bien question ici de réflexions sur l'histoire de la Terre : la mise en scène de "débats stratigraphiques" à partir de 2008 ; la présentation de graphiques iconiques exposant plusieurs séries temporelles ordonnées montrant la "grande accélération" du 20^{e} siècle ; une épistémologie et une ontologie apparemment pleines d'historicité puisque faites de catastrophes, de non-linéarités, de points de bascule, de non prédictibilité.

Le contexte institutionnel et les savoirs dans lesquels a émergé et s'est développé le concept d'anthropocène ne font pas débat : les sciences du système Terre (SST), dont l'*International Geosphere-Biosphere Program* (IGBP) est une institution intégratrice centrale. À travers une analyse de l'épistémologie des SST, peu travaillée jusqu'à présent, nous montrons que l'anthropocène n'a jamais eu pour fonction de désigner une période de l'histoire de la Terre [1].

1 De l'effervescence institutionnelle des années 1980 au développement des sciences du système Terre

Les acteurs de SST, lorsqu'ils doivent indiquer l'origine de ce champ, convergent vers la même source : le diagramme de Bretherton (fig. 1) et le rapport de la NASA dans lequel il est publié (1986, tableau 1).

Si le rapport de la NASA est resté dans les mémoires, il n'était qu'une partie et qu'un aboutissement d'une effervescence institutionnelle beau-

1. Nous avons présentée une analyse plus détaillée de l'histoire des sciences du système Terre et un développement des arguments présentés ici dans [Dutreuil, 2016].

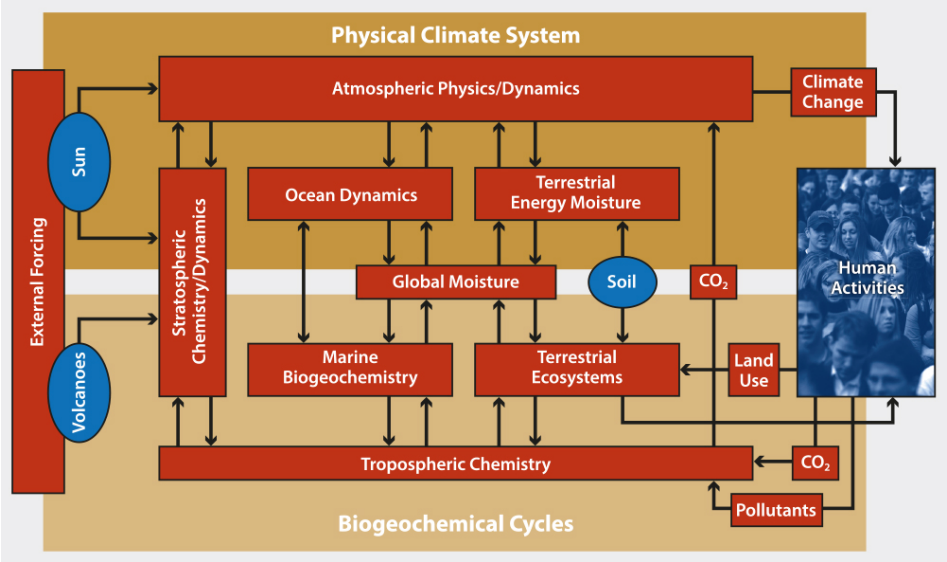


FIGURE 1 – Diagramme de Bretherton, extrait de http ://www.igbp.net

coup plus large au sein des agences de financement américaines et internationales, remontant au début des années 1980, et menant à la publication d'une série importante de rapports (tableau 1).

Ces rapports résultent de l'activité collective de scientifiques de plusieurs disciplines – l'océanographie, la climatologie, l'écologie des écosystèmes, la (bio)géochimie, les mathématiques, la physique solaire, etc. –, et occupant des places décisives dans les comités de programmes internationaux ou des agences de financement : Shelby Tilford, Thomas Malone, Francis Bretherton, Bert Bolin, Paul Crutzen, Berrien Moore, Wallace Broecker, Michael McElroy, Daniel Botkin, Don Anderson, John 'Jack' Eddy, Herbert Friedman, etc.

Tous ces rapports convergent vers l'idée qu'il faut mettre en place un nouveau programme *international* et *interdisciplinaire* permettant d'étudier les *changements globaux* affectant la *Terre comme un système* (nous soulignons les mots clefs).

Les acteurs avaient une grande ambition : ils n'envisageaient pas une nouvelle sous-discipline, mais bien la fondation d'une nouvelle *science* ou d'un nouveau paradigme pour les sciences de la Terre.

Deux arguments sous-tendent cette ambition. Le premier, c'est l'urgence que suscitent les "changements globaux" (*global change*), vocable qui explose littéralement dans les années 1980 et que l'on trouve dans tous les titres des rapports pour faire référence au trou dans la couche d'ozone, au changement climatique, à la désertification, etc. Le second argument est d'ordre ontologique : s'il faut créer une nouvelle science, c'est parce que nous venons de reconnaître que la Terre *est* un système de processus inter-connectés.

Un récit, commun à ces rapports, commence par souligner l'ensemble des découvertes scientifiques qui ont été faites depuis 1950 dans toute une série de disciplines étudiant la Terre, et notamment à l'occasion d'une série de programmes internationaux, puis insiste sur le caractère cloisonné

Date	Institution	Rapporteur principal	Titre
1982	NASA	Goody	*Global Change : Impacts on habitability*
1983	NRC	Friedman	*Toward an International Geosphere-Biosphere Program*
1983	NASA	McElroy	*Global change : a biogeochemical perspective*
1985	ICSU	Malone et Roederer	*Global Change*
1986	NASA	Bretherton	*Earth System Science : a program for global change, an overview*
1986	NRC	Eddy	*Global Change in the Geosphere-Biosphere : Initial priorities for an IGBP*
1986	ICSU/IGBP	Bolin	*The International Geosphere-Biosphere Programme : A study of Global Change*
1986	IIASA	Clark et Munn	*Sustainable development of the Biosphere*
1988	NASA	Bretherton	*Earth System Science : a program for global change, a closer view*
1990	CES	Peck	*Our Changing Planet : a U.S. Strategy for Global Change Research*

Tableau 1 – Liste des rapports principaux des agences de financements de la recherche sur les changements globaux et SST dans les années 1980. NRC : *National Research Council* ; NASA : *National Aeronautics and Space Administration* ; CES : *Committee on Earth Sciences* ; IIASA : *International Institute for Applied Systems Analysis*.

et disciplinaire des recherches menées jusque-là pour en appeler à une nouvelle organisation des sciences de la Terre, devant être structurée non pas suivant les objets (nuages, océan, organismes, etc.) et les méthodes ou instruments (modèle, satellite, bouées, carottes, etc.), mais suivant les *échelles de temps* des processus en jeu.

Cette effervescence institutionnelle, pourtant mal engagée au début des années 1980 quand Reagan promet des coupes budgétaires dans l'ensemble des agences de financement, a été, partout, couronnée de succès à la fin des années 1980. Elle a mené au financement du programme *Earth Observing System* à la NASA, permettant, pour plusieurs milliards de dollars, le déploiement d'une batterie de satellites surveillant la Terre. Elle a débouché sur le financement du programme *U.S. Global Change Research Programme* à l'occasion de la transition Reagan-Bush, comprenant plusieurs centaines de millions de dollars annuels répartis dans les différentes agences de financement américaines. Elle a enfin débouché sur la constitution de l'IGBP, sous l'égide de l'ICSU (Conseil international pour la science). L'IGBP est un programme international doté certes de financements très faibles ne couvrant que des frais de fonctionnement, mais ayant joué un rôle structurant et normatif central en coordonnant et élaborant les projets de recherche des SST.

On aurait pourtant tort de restreindre l'étude des SST à l'IGBP. Dès la fin des années 1980, le label "Système Terre" se propage à grande vitesse : des nouveaux centres, instituts, départements et postes de SST commencent à fleurir, des nouveaux manuels sont publiés, des éditoriaux annonçant la grande révolution des SST paraissent dans les revues scientifiques, des programmes éducatifs en sciences de la Terre s'organisent autour du "Système Terre".

2 DEUX SCIENCES DU SYSTÈME TERRE ?

Ce foisonnement d'études du système Terre dépasse de très loin le cadre de l'IGBP et ne présente pas d'unité apparente, ni institutionnelle, ni conceptuelle, ni méthodologique. Nous pensons fécond de concevoir ces changements survenus au sein des sciences de la Terre ces trois dernières décennies comme une forme de retour aux théories de la Terre et géohistoires du 18^e siècle, après une période de calme relatif depuis la fin du 19^e siècle.

Dans un livre décisif, Rudwick [2005] a bien montré qu'à la fin du 18^e siècle, deux "genres scientifiques" entendent rendre compte du fonctionnement de la Terre et de la manière dont elle change. Les *théories de la Terre* visaient à proposer un système unique ou une théorie causale générale, faits de lois universelles, éternelles et déterministes, suivant le modèle de la physique newtonienne, et étayés par des raisonnements hypothético-déductifs davantage que par des études de terrain. Ces théories de la Terre rendaient bien compte des changements survenus sur Terre, ou plutôt de la manière dont les changements *devaient* survenir, mais de manière ahistorique, faisant appel à des principes et des causes éternelles, qui programmaient et déterminaient ces changements.

Le second genre, celui de la *géohistoire*, s'est mis en place suite à la transposition des concepts et méthodes de l'historiographie humaine pour étudier la Terre. Parce que l'histoire de la Terre était ici conçue comme faite d'une série d'évènements contingents et fondamentalement imprédictibles, l'activité scientifique consistait à mener des études de terrain exploitant les archives de la Terre, permettant de dessiner la série d'évènements qui se sont effectivement succédés. La contingence et la non-prédictibilité des évènements rendaient inconcevable toute tentative de prédiction du futur.

S'il n'est pas question ici, faute de place, de décrire les continuités et discontinuités de théorisation et d'historicisation de la Terre depuis la fin du 18^e siècle, nous verrons que ces catégories épistémologiques de la fin du 18^e siècle sont particulièrement utiles pour éclairer les méthodologies des SST contemporaines.

2.1 La SST de l'IGBP : prédiction et temps court, modèles complexes et données environnementales globales

Tandis que la NASA proposait un programme de recherche à *toutes* les échelles de temps incluant l'ensemble de l'histoire de la Terre, l'IGBP dès son premier rapport de 1986 devait, lui, se tourner vers le futur et les échelles de temps courtes :

> L'IGBP sera un programme de recherche (...) orienté vers la production des informations dont nous avons besoin pour estimer *le futur de la Terre* dans les 100 prochaines années, avec un accent sur les processus qui changent à des échelles de temps allant *de la décennie au siècle*. [IGBP, 1986 : v, nous soulignons]

Il est vrai qu'un des sous-projets qui structure l'IGBP, le projet PAGES (*Past Global Changes*) avait pour ambition d'étudier le passé de la Terre. Cependant, ce projet devait se focaliser sur des échelles de temps relativement petites (le dernier million d'années), et avait pour objectif premier d'étudier ces changements passés non pas en tant que tels, mais seulement en tant qu'ils permettaient "d'obtenir de meilleures prédictions du climat et de l'environnement futurs, et d'informer les stratégies de durabilité".

Les séries temporelles révélées par les carottes de glace ont joué un rôle important dans la réflexion de l'IGBP. Mais elles n'ont pas été mobilisées comme "archives historiques" révélant les contingences et la singularité des évènements de l'histoire climatique de la Terre. Elles ont été mobilisées pour dégager les informations essentielles à la prédiction du système Terre et surtout pour opérer une démonstration ontologique :

> Ces données démontrent au-delà de tout doute que la Terre *est un système*, avec des propriétés et un comportement qui sont caractéristiques du système en tant que tout. [Steffen et al., 2004 : 3]

Les mots clefs qui suivent sont : couplage étroit, auto-régulation, système planétaire intégré, non-linéarité.

L'ambition *prédictive* de l'IGBP et la focalisation sur des échelles de temps courtes résultent très directement d'une attention aux changements globaux contemporains et de la volonté explicite de produire une science qui informe, alerte et propose des "solutions" aux décideurs publics. Cet idéal normatif, assumé dès les rapports préparatifs de l'IGBP et depuis de manière continue, quoique suscitant des débats internes, s'est traduit très concrètement par un style de recherche bien précis, style caractéristique de tendances générales dans les sciences de l'environnement de l'après seconde-guerre mondiale : l'élaboration de modèles de plus en plus complexes, des modèles de complexité intermédiaire (EMICS) aux *Earth System Models* (ESMs), adossée à l'accumulation massive de données environnementales globales nourrissant ces modèles [2]. Ces modèles, d'ambition prédictive, ont joué un rôle important pour fédérer, intégrer, articuler ou assimiler, non sans heurts, des disciplines auparavant séparées.

2.2 D'autres versions de SST : passé et temps long, modèle en boîte et géohistoires

Une série de travaux et de recherches endossant également le label SST, mais dont le style scientifique diffère de celui de l'IGBP, se sont également développés. Ces travaux se sont focalisés sur les changements à long terme survenus au cours de l'histoire de la Terre et témoignent d'un intérêt authentique pour l'histoire de la Terre pour elle-même et non en vue de prédire le futur et gérer l'avenir de manière durable.

2. Ce style de recherche a donné lieu à une série passionnante de travaux d'histoire, de sociologie et de philosophie des sciences. Pour ce qui concerne l'IGBP, nous renvoyons aux travaux d'Uhrqvist [2014] et de Kwa [2005]. Pour un aperçu historique de ce style de SST, vu depuis la modélisation climatique, voir Dahan [2010].

L'étude de la Terre comme un système a ici revêtu deux significations très différentes. Pour certains, cela signifiait mobiliser les outils, concepts, objets de la théorie des systèmes (feedback, états de stabilité, etc.) et élaborer des modèles du système Terre décrivant les interactions entre ses différents composants. À ces échelles de temps, des modèles "en boîte" (modèles non spatiaux découpant la Terre en réservoirs) ont le plus souvent été privilégiés. Ces modèles en boîte, sous-tendant la conception de la Terre comme un système, trouvent leur origine non pas dans une tradition de modélisation complexe du climat (comme les EMICS et ESMs), mais dans une longue tradition de géochimie et de pétrologie s'intéressant aux relations entre roches, métabolismes des vivants et composition des océans, de l'atmosphère et des rivières, et au sein de laquelle il est de longue date question d'étudier la Terre "comme un tout" ou "comme un système" (tradition buissonnante et discontinue qui va de Hutton à Garrels et la géochimie contemporaine ou de Priestley à Vernadsky). Ces modèles n'ont pas de vocation *prédictive* mais servent soit de guide heuristique soit à reconstruire l'histoire de certaines variables à laquelle on ne peut avoir accès autrement.

Dans d'autres contextes, étudier la Terre comme un système voulait dire qu'il n'était plus possible, comme on le faisait encore dans les années 1970, d'étudier séparément l'histoire de la vie et l'histoire de la Terre : avant les années 1980, les paléontologues et paléobiologistes étudiaient l'histoire de l'évolution des formes des vivants et les géochimistes l'histoire chimique et climatique de la Terre ; avec la géobiologie et la révolution système Terre, on étudie désormais la coévolution entre les deux histoires. Ici, plutôt que des modèles, ou en sus des modèles, ce sont des méthodes classiques de la géohistoire, largement enrichies depuis la fin du 18^{e} siècle par de nouvelles méthodes (analyse des fossiles et biomarqueurs, analyse des isotopes stables dans les roches, radiochronologie, etc.) qui ont été mobilisées pour révéler la série d'évènements contingents survenant dans l'histoire de la Terre et de la vie et interagissant ensemble (fig. 2).

Ainsi, le label "SST" ou "système Terre" s'est rapidement propagé à partir de la fin des années 1980 et a été brandi dans des contextes éminemment différents. La version SST promue par l'IGBP a été très tôt tournée vers la prédiction et les échelles de temps courtes, imprimant un style de recherche particulier (modèles complexes et données environnementales globales). D'autres versions de SST se sont davantage tournées vers l'histoire de la Terre et le temps long, mobilisant un style différent (modèles en boîte et géohistoires variées). Ce point de contraste nous permet de souligner le fait que, *mutatis mutandis*, la SST de l'IGBP doit être comprise comme réactivant bien plutôt le style des théories de la Terre inspirées de la physique, plutôt que celui des géohistoires, inspirées de l'historiographie humaine. Nous précisons cet argument immédiatement et en tirons des leçons pour éclairer le concept d'anthropocène.

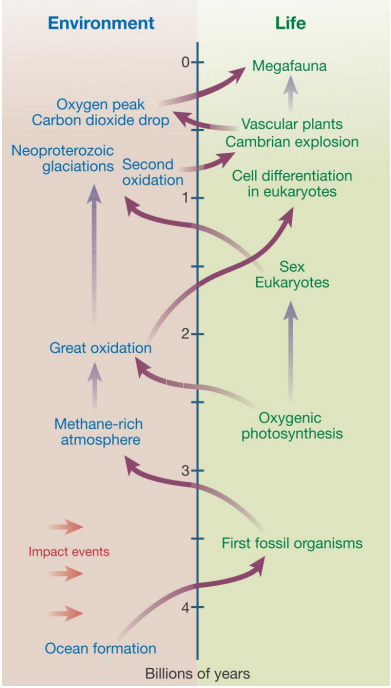


FIGURE 2 – Diagramme représentant le couplage ou la co-évolution entre l'histoire de la vie et de son environnement, extrait de [Lenton et al., 2004].

3 L'ÉPISTÉMOLOGIE ET L'ONTOLOGIE DE LA SCIENCE DU SYSTÈME TERRE DE L'ANTHROPOCÈNE : ÉTATS DE STABILITÉ ET PRÉDICTION AU SEIN D'UNE THÉORIE DE LA TERRE

La version de la SST au sein de laquelle le discours de l'anthropocène a émergé et s'est développé est celle promue par l'IGBP, soit celle s'intéressant le moins à l'histoire de la Terre. C'est sur cette version de SST que nous nous focalisons désormais.

Il faut concéder que quatre marqueurs importants des théories de la Terre ancienne manière semblent absents de la SST contemporaine, ce qui a pu brouiller les repères. Premièrement, les lois et schèmes causaux surplombant ont été remplacés par des *modèles* riches et complexes. Deuxièmement, on a assisté dans les années 1960 et 1970, en sciences de la Terre et du climat, à une transition progressive depuis une épistémologie de la géophysique et de la surveillance en période de guerre froide, à une épistémologie holiste et environnementale, dominée par la biologie (ce qui a été à juste titre souligné par Amy Dahan [2010]), mais aussi dominée par la géochimie plutôt que la géophysique (ce qui a moins souvent été remarqué [3]). Troisièmement, la SST semble aujourd'hui abondamment nourrie de données de terrain (celles qui sont mobilisées dans les EMICS et ESMs),

3. L'histoire de la géochimie est toujours restée dans l'ombre de celle de la géophysique, or les relations et différences entre géophysique et géochimie sont centrales pour analyser les SST et l'anthropocène [Dutreuil, 2016].

contrairement à ce qui prévalait pour le style hypothético-déductif d'antan. Quatrièmement et surtout, l'ontologie physicaliste contemporaine, celle des systèmes complexes en particulier, a sérieusement reconfiguré, sans toutefois l'anéantir, l'idéal de prédiction qui se concevait à la fin du 18^e siècle suivant le modèle de la physique newtonienne : certains phénomènes sont intrinsèquement stochastiques et limitent de ce fait les possibilités de prédiction ; mais même des systèmes déterministes simples, s'ils présentent des non-linéarités, peuvent ne pas être prédictibles en raison d'une sensibilité trop forte aux conditions initiales, thème popularisé depuis les années 1960/1980 sous le nom de théorie du chaos. Nous laissons de côté ici les deux premiers points et précisons le troisième et le quatrième, centraux pour l'anthropocène.

3.1 La SST de l'IGBP : *big science* des changements globaux ou métaphysique de la Terre ?

Certains éléments incitent à nuancer l'idée que les données empiriques constituent toujours le moteur important de l'enquête de la SST de l'IGBP. Une première interprétation possible consiste à considérer la version de SST de l'IGBP comme une vaste entreprise collective visant à prédire les changements globaux à l'aide de modèles complexes nourris de données : la SST comme *big science* des changements globaux. Suivant cette interprétation, les milliers de climatologues, biogéochimistes, océanographes, écologues impliqués directement ou indirectement dans l'IGBP, participent, collectivement, à SST. Suivant cette première interprétation, les données empiriques, nourrissant les modèles prédictifs, ont bien un rôle central.

Mais la répartition du label SST dans les textes de l'IGBP invite à une seconde interprétation de ce qu'est cette nouvelle science[4]. Dans un article paru dans la *Newsletter* de l'IGBP, annonçant la première synthèse de l'IGBP, Will Steffen, directeur de l'IGBP et artisan de la synthèse, conclut :

> Quelle est *la nature* de la Terre ? Le défi de l'IGBP au cours des trois années à venir est de faire des contributions significatives dirigées vers une réponse à cette question. [Steffen, 1998 : 7, nous soulignons]

Nous pensons qu'il faut prendre au sérieux le caractère métaphysique de la question et considérer qu'une seconde interprétation possible de ce qu'*est* la SST de l'IGBP est de la considérer non pas comme une *big science* prédictive des changements globaux mais comme une métaphysique de la Terre développée par quelques acteurs privilégiés au sein de l'IGBP, notamment les quelques théoriciens impliqués dans le projet central de l'IGBP (le projet GAIM pour *Global Analysis, Interpretation and Modelling*, devenu AIMES en 2004 pour *Analysis, Integration and Modelling of the Earth System*), dont Hans Joachim Schellnhuber est l'acteur incontournable depuis la fin des années 1990.

La SST de l'IGBP conçoit la Terre comme un système de processus (de forces, de réservoirs, de variables, etc.) inter-connectés, d'échelles de temps variées et s'influençant les uns les autres via des rétroactions. Dans

4. Pour une analyse quantitative de la répartition de ce label voir [Dutreuil, 2016].

le cadre de cette ontologie systémique, héritée de la cybernétique et entrée en sciences de la Terre via l'hypothèse Gaïa[5], on s'intéresse aux conséquences d'une perturbation (interne ou externe) du système. Une telle perturbation pourra soit être corrigée, atténuée, régulée, par des rétroactions stabilisantes, soit mener à une transition catastrophique du système. La Terre est ainsi vue comme un système présentant des *états de stabilité*. Le système Terre passe d'un état à un autre au gré de petites perturbations menant, via des feedbacks, à des transitions abruptes.

Pour analyser les comportements possibles d'un tel système, on a assisté à l'éclosion, en parallèle des ESMs et EMICS, d'une série importante de travaux de modélisation mathématique et conceptuelle, représentant des modèles simples et abstraits décrivant différents types de systèmes avec des états de stabilité et cartographiant les transitions possibles entre ces états[6]. Dans ces travaux, les données interviennent tantôt *a posteriori* et à titre d'illustration – des phénomènes naturels instancient tels types de système et tels types de transition–, tantôt en amont, permettant au théoricien et métaphysicien de la Terre d'élaborer ses conceptions.

Les schémas conceptuels, l'épistémologie et l'iconographie mobilisés pour analyser les états de stabilité et les transitions du système Terre ont ici quelque chose d'absolument remarquable. À rebours (ou plutôt en parallèle) du travail complexe et de grande ampleur de la *big science* accumulant des données et élaborant des modèles complexes du système Terre (EMICS, ESMs), voilà revenu le scientifique solitaire, ses raisonnements mathématiques *a priori* et ses billes sur un plan vallonné (fig. 3).

3.2 L'ambition prédictive de l'IGBP

Pour celles et ceux qui auraient encore des doutes sur l'ambition prédictive de l'IGBP, le nom du programme qui en a pris le relai à partir de 2016 devrait les dissiper : *Future Earth*.

Les limites à la prédictibilité du système Terre – stochasticité, chaos, et non-prédictibilité de l'évolution biologique – sont bien considérées comme des limites sérieuses par les acteurs de SST et de l'anthropocène. C'est d'ailleurs cette prédictibilité limitée qui nourrit les craintes sur l'avenir, la crispation pour maintenir à tout prix la Terre dans son état actuel de stabilité, et la dramatisation de l'entrée vers l'inconnu annoncée par l'anthropocène. Mais cela ne doit en rien masquer le fait que la *prédiction* du futur en vue d'une meilleure gestion, plutôt que l'étude des évènements singuliers et contingents du passé qui ont fait la Terre actuelle, reste bien l'idéal normatif que se donnent l'IGBP et *Future Earth*.

Certes, des transitions abruptes du système Terre nous guettent et limitent de fait la prédictibilité du système. Mais premièrement la tâche du scientifique reste bien d'élaborer une typologie des comportements et trajectoires possibles du système Terre, en identifiant des processus

5. [Conway, 2008 ; Dutreuil, à paraître, 2016].

6. Scheffer [2009] offre une synthèse classique de ce genre de modèles. Les travaux de Schellnhuber, acteur central de l'IGBP, et de Lenton, théoricien sur Gaïa, constituent un autre exemple central.

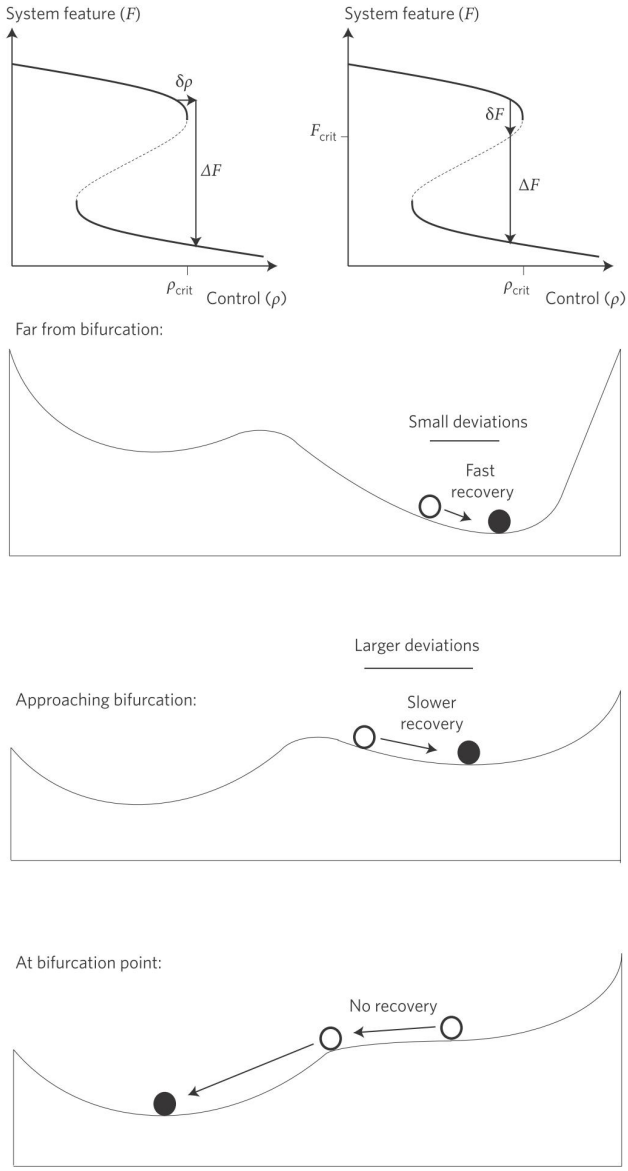


Figure 3 – Schémas et diagrammes classiques pour analyser et présenter les transitions entre états de stabilité d'un système. En haut : deux types de transition abrupte. Dans le premier cas (à gauche) un petit forçage $\delta\rho$ déclenche une transition ; dans le second cas (à droite) la transition est déclenchée par une variabilité interne de court terme dans le système sans qu'aucun forçage n'ait été appliqué. Trois schémas du bas : schémas heuristiques décrivant une bifurcation. À mesure que le système s'approche d'une bifurcation le système répond plus lentement aux perturbations. Figures extraites de [Lenton, 2011].

intrinsèques à ce système et réglant, souvent de manière déterministe, son comportement. Cette identification en passe par une exploration du champ des possibles des comportements du système : soit en analysant le comportement passé de la Terre, soit en modélisant un ensemble de situations possibles mais non actuelles. Deuxièmement, la circonscription des états possibles de stabilité du système est en soi déjà une forme de prédiction : à défaut de prédire les trajectoires précises du système Terre, on prédit au moins les états stables vers lesquels la Terre est susceptible de se diriger si elle est perturbée. Cela permet ensuite de repérer des "signaux avant-coureurs" pour mieux prédire les "transitions abruptes" [e.g. Scheffer et al., 2009]. Troisièmement et enfin, l'analyse des états de stabilité du système est entièrement dénuée d'historicité : le système se promène d'un état de stabilité à un autre, par des chemins qui peuvent certes dépendre du sens du parcours (c'est la notion d'*hysteresis*), mais qui mènent à des états stables bien identifiés. Dans ce cadre ontologique, même si les transitions abruptes rendent des retours en arrière coûteux, ces retours sont toujours au moins en principe possibles, pourvu qu'un forçage suffisamment important soit appliqué au système.

Si les transitions abruptes sont annonciatrices de catastrophes, le pendant conceptuel de ces transitions abruptes, l'idée de "limites planétaires" se veut plus rassurant : pourvu que les humains affectent les variables du système dans des limites raisonnables, promesse nous est faite que le futur se fera sans heurt, sans évènement brutal, dans un état de stabilité du système potentiellement indéfini. Tant que l'on reste dans ces limites naturelles, tout se passera "sans histoire".

Tandis que l'ancien paradigme malthusien des limites, conçu comme décalage entre démographie et croissance des ressources, annonçait un butoir, un horizon indépassable, précisément le point de rencontre entre démographie et ressources, le nouveau paradigme des limites contemporain, conçu comme *un équilibre entre des processus agissant dans des directions opposées*, annonce en creux la possibilité d'un maintien indéfini du système. Cette conception d'équilibre de forces en présence (avec celle de cycles bouclant sur eux-mêmes) confère au paradigme contemporain des limites deux traits inédits, qui n'ont peut-être pas suffisamment été remarqués[7]. D'un côté, l'incertitude est permanente en raison de la possibilité toujours présente de transitions abruptes générées par une toute petite perturbation initiale. Mais d'un autre côté, contrairement à ce qui était le cas dans l'ancien paradigme des limites, les nouvelles limites sont en droit extensibles à l'infini, pourvu que l'agir humain compense toujours ses actions perturbatrices, si grandes et dominatrices soient-elles, par des actions opposées d'ampleurs commensurables. C'est bien cette conception d'un équilibre entre des processus et feedbacks agissant dans des directions contraires qui libère et conduit ensuite naturellement à la possibilité de solutions de géoingénierie : carbone dans un sens, aérosols dans l'autre, et l'équilibre sera maintenu.

7. Pour une analyse du retour contemporain aux limites, voir le bel article de Aykut, 2015.

3.3 Pour comprendre l'ontologie et l'épistémologie de la SST de l'anthropocène : anthropocène ou anthroposphère ?

Ainsi, toute l'armature de la SST de l'IGBP, c'est-à-dire la science qui sous-tend le discours de l'anthropocène, nous amène à considérer cette version SST comme une forme de retour aux théories de la Terre ancienne manière, dont l'ontologie et l'épistémologie inspirées de la physique ont été actualisées. Toute l'armature, c'est-à-dire : l'idéal normatif – une ambition prédictive –, l'épistémologie – des modèles complexes nourris de données, et des modèles mathématiques conceptuels *a priori* cartographiant le champ des perturbations et transitions possibles – et l'ontologie – la Terre comme un système avec des états de stabilité desquels on passe par des transitions abruptes réglées et programmées par la structure du système.

Qu'on relise les textes fondateurs du discours de l'anthropocène, en se demandant si le concept d'anthropocène y fait un travail épistémologique *historique*, c'est-à-dire en se demandant si l'anthropocène sert bien à désigner une période d'histoire de la Terre, et l'on se rendra compte que la réponse est à l'évidence négative. Supposez que l'ensemble des impacts des humains sur le système Terre ne se déploie pas dans le temps, mais fasse soudainement irruption, juste avant que Crutzen ou Steffen ne se mettent à écrire. Réécrivez leur petit récit historique qui va de James Watt à aujourd'hui en remplaçant le passé par le présent, ou même, le futur. Qu'est-ce que cela changerait aux questions *importantes* aux yeux de ces auteurs ? Rien. La mise en récit historique des impacts "des humains" sur le système Terre joue un rôle rhétorique précis : mettre en évidence que "les humains" constituent effectivement une "force géologique", ont bien un impact sur le système Terre ; susciter des réflexions sur les états de stabilité de la Terre pour *in fine* préparer les prédictions à venir. Le récit historique ne sert au fond aucun autre but que celui de la justification de l'intégration des "humains" dans les modèles du système Terre, annoncée de manière programmatique par le diagramme de Bretherton bien avant l'explosion du terme d'anthropocène. Mais une fois ce marron tiré de cette flambée "historique", l'introduction et les dernières parties des textes s'écrivent au présent puis au futur : à vos modèles, scientifiques ; à vos responsabilités, décideurs publics ; à vos idées, ingénieurs ! L'épistémologie et l'ontologie de l'anthropocène, ce sont bien davantage les modèles et la conception de la Terre comme un système qu'une frise chronologique de l'histoire de la Terre et un travail sur les archives géologiques.

Le terme d'anthropocène ne joue donc pas le rôle que l'on croit dans les articles centraux de Crutzen et Steffen. Soit, dira-t-on, mais peut-on nier le succès du terme dans différentes arènes scientifiques ? Le succès d'un terme n'est en rien le signe que ce concept fasse un travail épistémique précis, c'est peut-être même le signe qu'il n'en fait aucun. Mais les stratigraphes ne se sont-ils pas saisis du problème ? Soit, mais supposons que l'arène stratigraphique s'arrête sur une date, quelle qu'elle soit. Qui sera enfin rassuré et aidé dans son travail quand il pourra se dire que sa carotte de sol, de glace, de varve, on n'ose pas dire de roche, appartient à

l'anthropocène plutôt qu'à l'Holocène ? Les 8 ans qui séparent l'introduction du terme d'anthropocène en 2000 et son entrée dans une partie de l'arène stratigraphique ne doivent ainsi aucunement être compris comme le résultat de la lenteur des géologues pour adopter une nouvelle découpe de l'histoire de la Terre, mais comme la conséquence du fait que l'anthropocène n'était pas, et n'est toujours pas un concept d'histoire de la Terre, contrairement à ce que son nom suggère.

Peut-être que le terme "d'anthropo*sphère*", terme plus ancien et remobilisé par Juan Roederer dans un rapport iconique des années 1980 appelant à la fondation des SST, correspond mieux à la conception que les tenants du discours de l'anthropocène se font en réalité de la "place de l'homme" dans le système Terre : un forçage, une perturbation, un feedback, un réservoir, une paramétrisation, une boîte influençant les états de stabilité de la Terre, plutôt qu'une période, une époque, un moment, un évènement, une singularité de l'histoire de la Terre.

4 CONCLUSION

Les historiens des sciences humaines ont à raison souligné que le récit historique produit par le discours de l'anthropocène était historiquement et politiquement éminemment discutable [Bonneuil et Fressoz, 2013]. On pouvait s'y attendre compte tenu du fait que les acteurs de ce discours n'étaient pas des historiens "de l'homme". Mais, contrairement à ce qu'on a pu laisser entendre jusque-là, ce ne sont pas non plus des historiens "de la Terre". Paul Crutzen et Will Steffen ne sont pas des géologues maniant le marteau et carottant les sédiments mais des chimistes de formation, le premier étant Nobel de chimie, le second administrateur de la recherche.

L'armature scientifique principale qui sous-tend le discours de l'anthropocène, l'IGBP, n'a jamais eu pour vocation de décrire les évènements singuliers et contingents qui affectent l'histoire de la Terre, mais bien pour ambition d'élaborer des modèles prédictifs complexes sous-tendant l'action politique. Que des géographes, des archéologues, des scientifiques étudiant les paléo-environnements du Quaternaire, des historiens, des philosophes, des anthropologues se saisissent ensuite du terme d'anthropocène, et se l'approprient comme un concept authentiquement historique, c'est leur affaire – et c'est en réalité au moment où l'anthropocène est entrée dans l'arène des sciences humaines et sociales qu'il est devenu intéressant, en contribuant à redistribuer les cartes des paradigmes en présence (cf. Charbonnier, ce volume).

Notre argument principal – l'anthropocène n'est pas un concept d'histoire de la Terre – n'atteint évidemment en rien le constat fait par les SST suivant lequel "les humains" influencent *bien* toute une série de variables de la Terre. Mais il consiste à faire valoir que la reconfiguration épistémologique et ontologique principale que révèle le concept d'anthropocène ne doit pas être comprise comme un bouleversement émergeant en 2000 de la manière dont les géologues pensent l'histoire de la Terre, au sein de laquelle les humains constituent un évènement, mais doit bien plutôt être

interprétée comme l'émergence, dans le sillage de l'hypothèse Gaïa au sortir des années 1970, d'une conception de la Terre comme un système, dont les humains sont des acteurs au même titre que les autres vivants et des entités abiotiques.

Cet argument invite à s'interroger sur la fonction, le rôle, le travail que joue le concept d'anthropocène. Nous rejoignons premièrement l'interprétation de Lewis et Maslin [2015] (et d'autres) suivant laquelle la fonction du terme d'anthropocène est premièrement une fonction politique, assignant une responsabilité pour les changements globaux, plutôt qu'une fonction épistémique. Nous rejoignons également ici, depuis un parcours différent, la position de Fressoz (ce volume) suivant laquelle, l'autre fonction de ce terme, du moins dans le discours des scientifiques, est une fonction esthétique réactivant les ressorts de l'esthétique du sublime suscitant stupéfaction et terreur, davantage qu'une fonction épistémique. Lorraine Daston [2011] a montré que les phénomènes échappant à des ordres naturels suscitent des émotions différentes suivant les types d'ordre naturel qui sont transgressés : l'émerveillement face aux miracles constituant des exceptions aux lois universelles de la nature ; l'horreur face aux monstres biologiques échappant aux types définis par les classes naturelles ; la terreur face aux perturbations et déséquilibres d'un ordre écologique local. L'élévation au global des perturbations écologiques a élevé au carré la terreur suscitée par les changements globaux contemporains.

Notre argument invite ensuite et surtout à attacher peut-être moins d'importance à ce que "les scientifiques" nous disent de la "stratigraphie" de l'anthropocène et devrait inciter les acteurs intéressés par ce que l'anthropocène active comme questions philosophiques, scientifiques et politiques à tourner leur regard non pas vers le comité international de stratigraphie à qui on a imposé de trancher une question qui n'est pas de son ressort, mais bien plutôt vers les arènes qui produisent réellement les "savoirs de l'anthropocène", c'est-à-dire les SST, l'IGBP et *Future Earth*. Des historiens, anthropologues, philosophes et sociologues ont commencé à diriger leur regard vers ces arènes, ce qui contribuera, c'est certain, à mieux comprendre la signification du concept d'anthropocène.

LISTE DES RÉFÉRENCES

AYKUT, S.

2015 "Les "limites" du changement climatique", *Cités*, 63, p. 193–236.

BONNEUIL, C. et FRESSOZ, J.-B.

2013 *L'évènement anthropocène.* Seuil, Paris.

CONWAY, E. M.

2008 *Atmospheric science at NASA : a history*, John Hopkins University Press, Baltimore.

DAHAN, A.

2010 "Putting the Earth System in a numerical box ? The evolution from climate modeling toward global change", *Studies in History and Philosophy of Science Part B : Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41, 3, p. 282–292.

DASTON, L.

2011 *Nature's revenge*, Dr. S. T. Lee Distinguished Lectire Series in the Humanities, Penn State, http://www.phf.upenn.edu/events/natures-revenge [visité le 30/06/2016].

DUTREUIL, S.

à paraître "James Lovelock's Gaia hypothesis : "A New Look at Life on Earth" ... for the Life and the Earth sciences.", in *Dreamers, romantics and visionaries in the life sciences*, sous la dir. d'O. Harman et M. Dietrich, Chicago University Press.

2016 *Gaïa : hypothèse, programme de recherche pour le système terre, ou philosophie de la nature ?*, thèse de doct., Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

IGBP

1986 *The International Geosphere-Biosphere Programme : A Study of Global Change. Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, Report No 1, ICSU, prepared for the 21st General Assembly, Berne September 14-19, 1986.

KWA, C.

2005 "Local Ecologies and Global Science Discourses and Strategies of the International Geosphere-Biosphere Programme", *Social Studies of Science*, 35, 6, p. 923–950.

LENTON, T. M.

2011 "Early warning of climate tipping points", *Nature Climate Change*, 1, 4, p. 201–209.

LENTON, T. M., SCHELLNHUBER, H. J. et SZATHMÁRY, E.

2004 "Climbing the co-evolution ladder", *Nature*, 431, 7011, p. 913–913.

Lewis, S. L. et Maslin, M. A.

2015 "Defining the anthropocene", *Nature*, 519, 7542, p. 171–180.

Rudwick, M. J. S.

2005 *Bursting the limits of time : the reconstruction of geohistory in the age of revolution*, University of Chicago Press, Chicago.

Scheffer, M.

2009 *Critical transitions in nature and society*, Princeton University Press, Princeton.

Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W. A., Brovkin, V., Carpenter, S. R. et al.

2009 "Early-warning signals for critical transitions", *Nature*, 461, 7260, p. 53–59.

Steffen, W.

1998 "How well do we understand the nature of Earth ?", *IGBP Newsletter*, 34, p. 6–7.

Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. et Jäger, J. e. a.

2004 *Global change and the earth system : a planet under pressure*, Springer, Berlin.

Uhrqvist, O.

2014 *Seeing and knowing the Earth as a system : an effeffect history of global environmental change research as scientific and political practice*, thèse de doct., Linköping University.