

Transition capitaliste et déconstruction sociale (du désinvestissement à la refondation)

Mal nommer les choses, c'est ajouter au malheur du monde. (A. Camus)

Le changement climatique évolue plus vite que nous... nous devons écouter ce que les meilleurs spécialistes des sciences de la Terre ont à nous dire. (Antonio Guterres, secrétaire général de l'ONU).

Pour ce qui est de l'avenir, il ne s'agit pas de le prévoir, mais de le rendre possible. (Antoine de Saint Exupéry, Citadelle, 1948)

Argument

Ce texte s'adresse à quiconque s'est déjà intéressé au syndrome écologique contemporain, s'est fait une idée de la responsabilité de l'homme et se demande vers quoi la phase de *transition écologique* qui se dessine peut nous mener *réellement*, après élimination de toutes sortes d'utopies ou de concepts illusoire.

Il s'appuie sur de récents ouvrages (voir bibliographie) dont la lecture des deux premières pages est vivement recommandée.

Résumé

L'avenir de la résolution du syndrome écologique repose selon certains, sur un effondrement civilisationnel pur et simple, tandis que pour d'autres le génie humain saura trouver les solutions adéquates.

A la base du syndrome écologique, se sont combinées l'explosion démographique et la croissance économique, soutenues par l'emploi d'énergies fossiles bon marché et abondantes.

Les structures démographiques et capitalistes sont similaires, elles sont auto-reproductibles. Elles constituent un tétragramme *alimentation-démographie-énergie-capital industriel* formant système.

Le développement économique a causé de nombreux dégâts : réchauffement climatique, perte de biodiversité, pollutions.

Le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) a quantifié les objectifs nécessaires à l'atténuation (actions sur les causes) et à l'adaptation au syndrome (action sur les effets), mais ceux-ci ne peuvent être atteints dans le contexte géopolitique actuel.

Les politiques actuelles, y compris celles concernant l'énergie, favorisent le Court Terme et le BAU (*business as usual*).

Les énergies renouvelables, faiblement intenses, ne suffisent pas à compenser les énergies fossiles, fortement intenses. Leurs TRE (Taux de Rendement Énergétique) sont trop faibles et elles mobilisent trop de métaux et de terres rares, extraits à l'aide d'énergie fossile.

L'innovation bien ciblée jouera un rôle central mais ne pourra faire en sorte que l'économie et la consommation énergétique soient découplées (dissociées).

Une économie circulaire ne pourra se substituer que très partiellement l'actuelle économie linéaire.

La pénurie énergétique à venir conduira à une *transition capitaliste* de même structure que la *transition démographique*, c'est-à-dire à un désinvestissement du capital industriel. Les conséquences en seront pour la société une complète *déconstruction*¹. Celle-ci portera sur l'énergie (dont le secteur nucléaire aura un rôle à jouer, encore mal défini), l'alimentation humaine, l'élevage, l'agroécologie, les ressources naturelles, l'industrie, les transports en commun, l'habitat, bref, sur tous les secteurs sans exception de l'activité humaine.

Aveuglément, l'humanité s'est placée sur une trajectoire dont elle ne pourra dévier qu'en usant des quelques degrés de liberté d'action dont elle dispose encore et qui constituent la part imprévisible de son avenir.

1 Déconstruction = *destruction-reconstruction* simultanées.

L'avenir se réduit ainsi au seul scénario pertinent possible, celui de la *transition capitaliste* et de la *déconstruction sociale*, seul espoir de reprendre partiellement en main notre destin.

L'amplitude et partant la réussite de la déconstruction sociale dépendra de la pertinence des choix politiques à venir et de la rapidité avec laquelle la sobriété énergétique sera organisée. Son échec serait l'aggravation du processus d'effondrement déjà bien avancé.

Contenu, utilisable comme liste de mots-clés

Introduction

Etat de la situation écologique

- Réchauffement climatique
- Perte de biodiversité
- Pollution et déchets
- Irréversibilités résultantes

Capitalisme industriel et démographie

- Structure de la démographie
 - Auto-reproduction d'une espèce
 - Transition démographique
 - Démographie, état des lieux
- Structure du capitalisme industriel
 - Auto-reproductibilité d'un capital

Recommandations du GIEC et conditions de faisabilité

- Tendances actuelles : transition énergétique et numérique, et court terme
- Energies renouvelables
 - Intensité des énergies
 - Un exemple de situation énergétique, celui de la France
 - Taux de rendement énergétique
- Ressources minérales naturelles
- Conséquences pour le mix énergétique
- Innovation et découplage
 - Rôle de l'innovation
 - Science et technologie
 - Respect des lois de la nature
 - Découplage entre énergie et économie
- Situation à dépasser
 - Les 9 paramètres de la situation à dépasser

Validité des scénarios

- Scénario écomoderniste
- Scénario de l'effondrement
- Scénario de la transition capitaliste
 - Le déclencheur est la pénurie d'énergie
 - Conséquences sur la production industrielle
 - Alimentation humaine, agriculture et élevage
 - Réduction de la population

Déconstruction sociale

Conclusion

Introduction

Tel qu'il est couramment présenté par différentes écoles, le devenir de la planète serait à jamais écrit par la question écologique.

Pour les uns, la lenteur avec laquelle l'urgence écologique est traitée ne peut que conduire à un effondrement, très proche (en dizaines d'années), inéluctable. Après une période de chaos de durée indéterminée, l'homme, s'il parvient à survivre, réinitialiserait alors en partant de zéro une nouvelle ère historique.

Pour d'autres, si les développements économiques et démographiques ont certes causé et continuent de causer d'innombrables dégâts, la plupart irréversibles, l'histoire a cependant montré que l'humanité s'est toujours sortie de situations très graves, et que pour cette fois encore, elle s'en sortira, grâce à sa puissance technologique jamais égalée et à son génie inventif. Dans cette option, la croissance économique, sur fond de contrainte écologique, prend la forme apparente d'un *développement durable* ou d'une *croissance verte*.

Les premiers, les *collapsologues*, considèrent que les seconds s'illusionnent en croyant que « tout peut continuer comme avant ». Ces derniers répondent qu'un catastrophisme millénariste ne fait qu'apeurer les masses et paralyser l'action nécessaire à la poursuite du progrès scientifique et économique de l'humanité.

C'est que l'intrusion de la physique – qui se manifeste sous forme de contrainte écologique – dans l'historicité économique – domaine des sciences humaines – crée une opposition entre sciences exactes réputées vraies et sciences humaines sujettes à appropriations idéologiques (c'est par la temporalité que s'opposent l'urgence écologique et les rythmes propres à l'économie humaine).

Retour vers le passé. Dans les années 1970, alors que la révolution industrielle était déjà centenaire, une prise de conscience écologique s'est effectuée, en particulier autour du rapport *Meadows* (objet de critiques de nombreux détracteurs). A cette période, la situation permettait, à l'aide des connaissances de l'époque, d'infléchir les politiques industrielles et de développer des solutions qui n'auraient pas empêcher de progresser dans de nombreux domaines et à l'humanité de se développer. C'est pour rien que les concepts de qualité de vie et d'indices de développement humain furent proposés en remplacement d'une croissance purement quantitative mesurée par les PIB. Les dénis, intérêts, idéologies et difficultés de toutes sortes ont eu raison d'un développement potentiellement durable. L'atténuation (action sur les causes) était à ce moment réalisable, hors urgence.

Cinquante ans après, la situation se trouve gravement dégradée, l'humanité n'ayant fait entre temps que commencer à peine à s'adapter (actions sur les effets).

Cette fois-ci, dans un état d'urgence écologique, les temps sont maintenant venus à ce que l'action de l'homme porte désormais sur les causes. Une puissante *atténuation* doit se substituer à la molle *adaptation* à laquelle nous assistons. Encore faut-il pour cela comprendre le problème dans son essence la plus profonde.

Dans cette perspective, aller plus avant, c'est en premier lieu inventorier nos atouts et nos faiblesses sur fond de réalités objectives. Pour ensuite explorer si, entre les deux extrêmes, d'autres perspectives pourraient émerger.

État de la situation

Réchauffement climatique

Le réchauffement climatique est l'effet le plus tangible du syndrome écologique. Le supplément d'énergie, résultant de l'effet de serre, produit sur l'ensemble de la planète une plus grande intensité des phénomènes de convection. Il s'ensuit une plus grande variabilité climatique, c'est-à-dire des périodes de canicule plus fréquentes mais aussi localement des refroidissements exceptionnels.

L'atmosphère étant plus chaude peut contenir davantage d'humidité (1 degré de plus, c'est 7 % d'humidité en plus), ce qui se traduit par des précipitations plus importantes. En même temps, le différentiel de température entre pôles et zones tropicales se réduit.

La quasi totalité de la chaleur supplémentaire retenue par l'effet de serre s'est accumulée dans les océans (plus de 95%), si bien que le climat par effet d'inertie est perturbé pour des millénaires.

L'évolution climatique à venir est bien connue, le GIEC² regroupant et analysant en permanence les données et les synthétisant. Le rythme actuel de réchauffement est de 0,2 °C par décennie.

Compte tenu des prévisions d'émissions de GES (gaz à effet de serre), nous pouvons savoir, selon différents scénarios, quels seront les effets climatiques (inondations et submersions, désertifications et canicules, tornades et ouragans) et quand, et ceci pour chacune des régions du monde et même de façon très locale.

Par exemple, la zone comprise entre les îles Baléares et la côte catalane va être très touchée à court terme par des températures anormalement élevées.

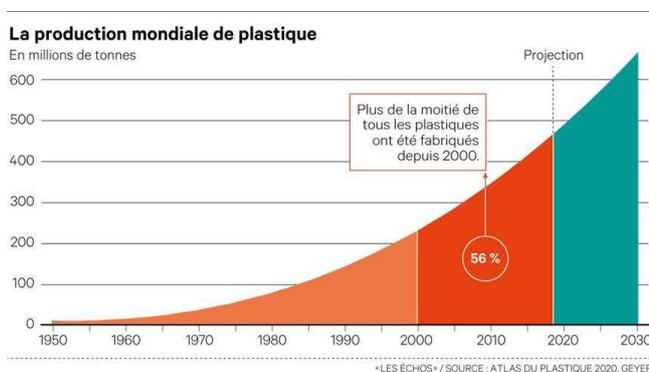
Perte de biodiversité

La perte de biodiversité est plus difficile à appréhender que le réchauffement climatique. Le dysfonctionnement des chaînes trophiques conduit à des situations irréversibles dont on a peine à mesurer les effets. Les différents facteurs de perte de biodiversité interagissent, ce qui rend difficile la prévision (déforestation, habitats dégradés ou détruits, disponibilité ou non d'aliments, surexploitation des ressources biologiques, espèces invasives, réchauffement climatique, pollutions océaniques et terrestres). Et de plus, de nombreuses espèces sont inconnues, surtout celles parmi les plus petites en taille. Les sols s'appauvrissent. Le développement de la démographie humaine et la déforestation conduisent à des situations sanitaires globales comme celle que l'on connaît aujourd'hui avec la pandémie de coronavirus.

Il est impossible d'évaluer avec précision quelles seront les conséquences de l'irréversibilité de l'effondrement en cours de la biodiversité. Par exemple, quels vont être les effets à terme de l'effondrement de la pollinisation, offerte gratuitement par la nature à l'agriculture et l'alimentation.

Pollutions et déchets

Rien de ce qui est produit ne disparaît. La combustion des déchets ne fait que les transformer en une autre forme, gazeuse. Les déchets chimiques finissent dans la terre ou l'atmosphère, les déchets plastiques dans les océans (quid des nanoparticules ?). Rien que pour ces derniers, il s'en est autant produit pendant les 20 dernières années que pendant l'ensemble du 20^e siècle, et la tendance est à la hausse.



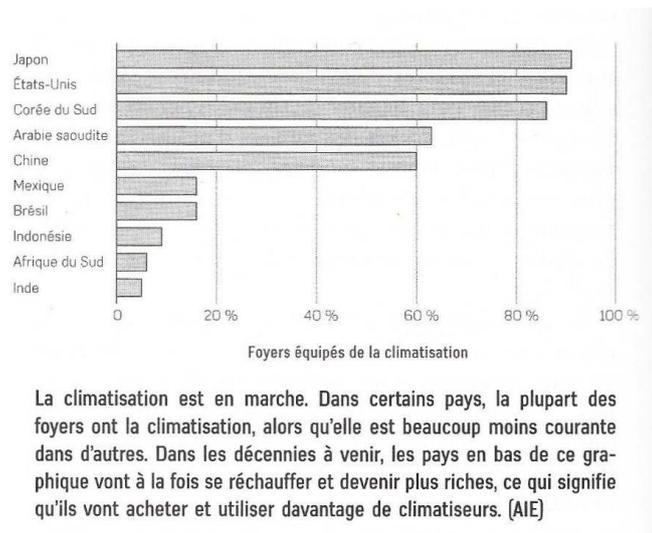
Plus de la moitié de tous les plastiques ont été fabriqués depuis 2000

Le gaz carbonique qui produit l'effet de serre, se dissout en partie dans les océans, acidifiant ces derniers et menaçant les coraux, refuges de nombreuses espèces.

En supposant que l'on puisse recycler désormais la totalité de nos productions, il reste que ce qui est déjà répandu dans la biosphère est irrécupérable (désordre entropique).

Irréversibilités résultantes

Ces trois irréversibilités vont en s'aggravant non pas linéairement mais à un rythme s'accéléralant. Jusqu'à présent, nous nous sommes contentés de nous adapter quelque peu, corrigeant par des boucles de rétroaction les effets de nos actions. Un seul exemple : on installe des climatiseurs pour se protéger des canicules (dans ce cas, rétroaction positive où l'effet renforce la cause).



Source : Bill Gates d'après l'Agence Internationale de l'énergie

Un arrêt subit des nuisances dans ces trois domaines ne pourrait cependant faire cesser instantanément ces aggravations, à cause de l'inertie des systèmes concernés.

Avons-nous les pouvoirs – scientifiques et technologiques – et sommes-nous prêts, politiquement et socialement, à agir dorénavant sur les causes (atténuation) ?

Bref, comment accepter et supporter les dégâts déjà commis, et ne pas en commettre de plus graves ? Prise en main de la situation sans retour en arrière ou bien fuite en avant ?³

Capitalisme industriel et démographie

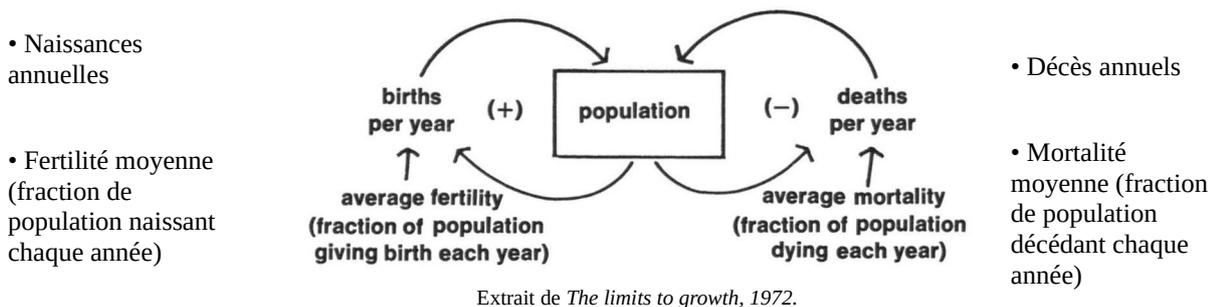
Le capitalisme industriel, fruit des applications de la science et de l'organisation de la production, a permis de construire des machines, productrices d'objets. Le machinisme s'est développé aussi dans l'agriculture, modifiant ainsi les modes de production et de consommation alimentaire. L'effet de ces modifications a été l'explosion démographique du 20^e siècle. Ce machinisme n'a pu se développer que grâce à la disponibilité d'énergies fossiles abondantes et bon marché. Le tétragramme *alimentation-démographie-énergies-capital industriel* modélise le système complexe issu de la révolution industrielle du 19^e siècle.

Dans le rapport *Meadows*, la similitude de structure est établie entre d'une part, la population, dont la variation dépend du solde entre décès et naissances et d'autre part, le capital physique, dont la variation dépend du solde entre investissement et dépréciation.

³ L'encyclique *Laudato si* – La sauvegarde de la maison commune – du pape François établit un état des lieux très documenté de la situation.

Structure de la démographie

Auto-reproductibilité d'une espèce. Auto-reproductrice, une population est structurée pour croître. Les espèces existantes sont celles dont le taux de reproduction naturel est largement supérieur à celui nécessaire à leur juste équilibre, car nombre d'aléas font varier les taux de décès dans des proportions qui peuvent être très dommageables pour la survie d'une espèce : prédateurs dans les chaînes trophiques, phénomènes naturels. Les taux de reproduction biologiques doivent être suffisamment importants pour reconstituer des quantités de populations à des vitesses élevées, nécessaires à leur pérennité/survie.



Transition démographique. Chez l'homme, final prédateur, les facteurs limitants se réduisent aux guerres, aux famines et aux épidémies, les événements naturels (ex : tremblements de terre) ne jouant qu'un rôle très limité, car toujours locaux.

Par suite de progrès, la population humaine a vécu des périodes de croissance, puis de stabilisation par paliers. La période de croissance actuelle a commencé en -10 000 au cours de l'holocène (révolution néolithique). Elle va atteindre bientôt son acmé.

Avec la réduction de la mortalité infantile (ce qui a entraîné une augmentation du nombre d'individus en âge de se reproduire) puis à l'allongement de la durée moyenne de vie, les causes historiques de stabilisation des populations sont devenues largement insuffisantes. Le volontariat s'est donc invité⁴. Les familles nombreuses ne sont plus culturellement valorisées, au moins dans les pays riches. Les moyens utilisés sont l'avortement chirurgical ou chimique ainsi que la contraception : ils proviennent de nos connaissances scientifiques.

⁴ De tout temps, des pratiques diverses de limitation des naissances ont été cependant appliquées (dont l'infanticide). Si le nombre d'enfants par femme joue un rôle, c'est surtout l'âge auquel les femmes procréent qui devient prépondérant (> 30 ans au lieu de < 20 ans).

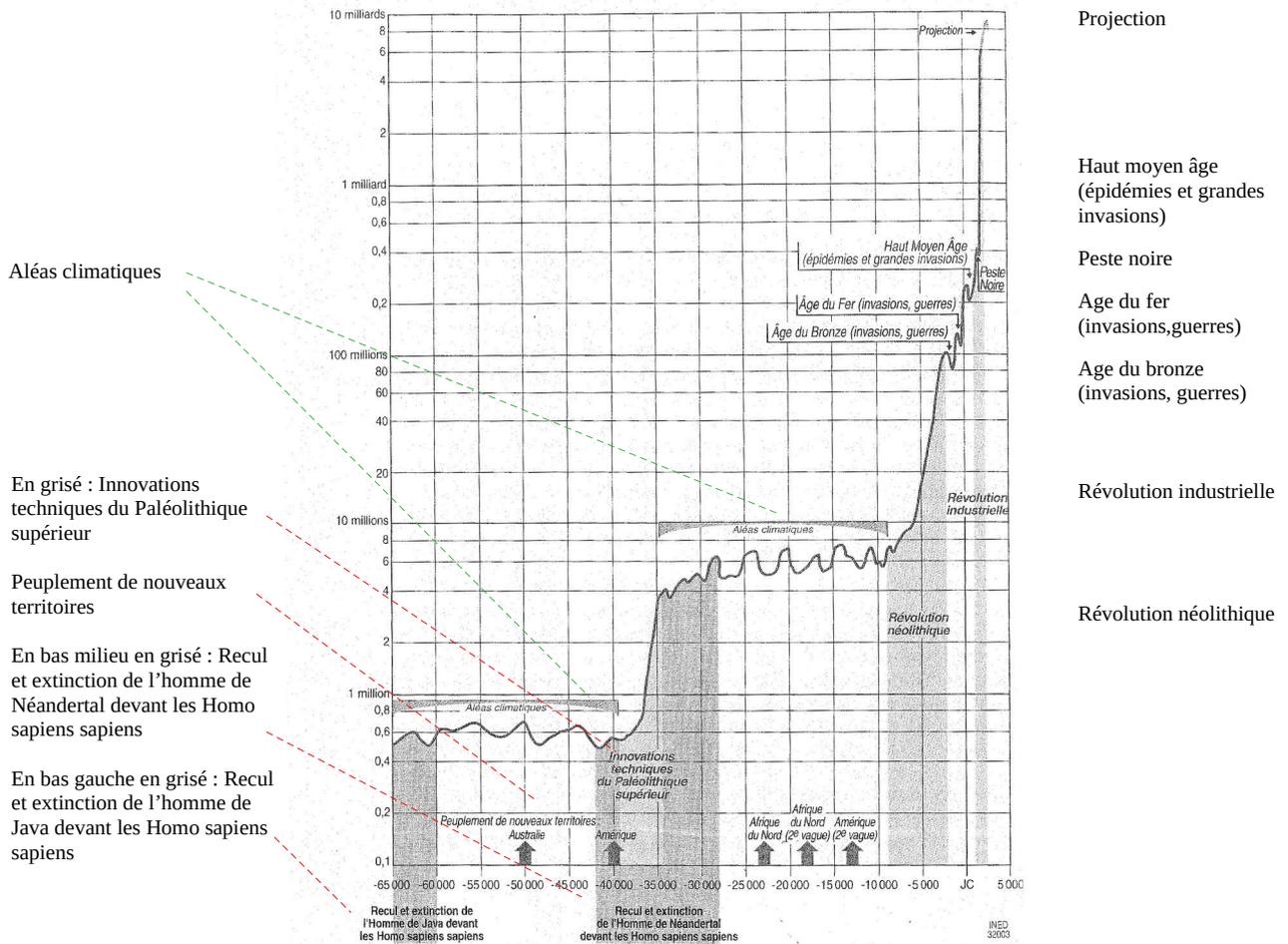


Figure 1. – Évolution du nombre des hommes depuis la préhistoire

Source : L'histoire du peuplement humain des origines à nos jours, revue Population, 1979-1993, par Jean-Noël Biraben, démographe
Ce graphique est l'original d'une image souvent reproduite et colorisée.

Notons que les prévisions pour 2100 d'une population mondiale s'élevant à 10 milliards d'habitants viennent d'être révisées à la baisse à hauteur de 8,8 milliards par l'ONU.

Démographie, état des lieux

Aujourd'hui, tous les pays du monde poursuivent leur transition démographique, plus ou moins avancée selon les cas. Les populations de la Chine et de l'Inde ont atteint leurs maxima et vont bientôt décroître. Les pays avancés sont en décroissance ou stables. Pratiquement, seule l'Afrique, qui a certes commencé sa transition, voit sa population continuer à augmenter, avec cependant des taux de fécondité en diminution.

Frisant aujourd'hui les 8 milliards d'habitants, les 10 % supplémentaires à venir pour que l'humanité entière atteigne son acmé ne mettent pas en échec la résolution du problème écologique, à l'aide des actions combinées de la sobriété et de l'innovation. Des démographes commencent même à s'inquiéter de la chute rapide de la population au cours de la deuxième moitié du siècle (ratio actifs/retraités, vieillissement, âges des retraites, recours à l'immigration). Ce sera alors la première fois dans l'histoire que la population globale diminuera après atteinte d'un maximum.

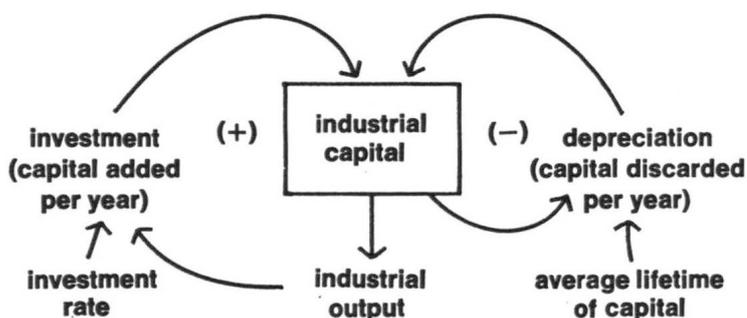
Structure du capitalisme industriel

Autoreproductibilité d'un capital. Sa structure autopoïétique est similaire à celle d'une démographie⁵. Une partie de la production industrielle est destinée à la création de nouveaux outils de production (secteur des biens d'équipement industriels, machines qui produisent des machines). L'outil de production s'auto-reproduit au rythme résultant entre taux d'investissement et taux d'amortissement (dépréciation).

Le capital industriel (appelé aussi thermo-industriel), c'est-à-dire constitué strictement par les outils de production, est ainsi structuré comme la démographie pour croître exponentiellement, tant qu'il dispose de suffisamment d'énergie pour produire et se renouveler.

La production mécanique ayant remplacé la force musculaire dans des proportions de quelques centaines en termes de puissance énergétique⁶, sa limitation principale est celle qui correspond à la famine chez l'homme : la restriction en énergie. Comme jusqu'à présent l'énergie a toujours été disponible pour « alimenter » les machines, la forme de développement a été celle d'une croissance. On constate d'ailleurs que les PIB sont proportionnels aux quantités d'énergies absorbées par la production (tous secteurs d'activité confondus).

Cette économie bien « réelle » possède sa contrepartie financière en reflet sous forme d'actifs/passifs et de charges/produits⁷.



Extrait de *The limits to growth*, 1972.

- Investissement (ajout annuel de capital)
- Taux d'investissement

- Capital industriel
- Production industrielle

- Amortissement (suppression annuelle de capital)
- Durée de vie moyenne du capital

Ainsi, la *croissance* économique est une « propriété », un attribut, une résultante fondamentale de la structure capitaliste, ainsi que sa forme exponentielle que l'on peut sans abus qualifier de « naturelle ». Le principe d'*accumulation* marxiste du capital est consécutif à la croissance, il n'est pas fondamental. Il est seulement la forme *vécue* du capitalisme industriel.

Quelques fondamentaux du capitalisme industriel

Dettes et croissance sont les deux faces d'une économie en développement : le service de la dette a besoin de croissance, et la croissance a besoin de la dette (boucle de rétroaction positive).

Le rapport Capital/Revenu augmente en période de décroissance, ce qui aggrave mécaniquement les inégalités sociales (source : Piketty).

C'est la bourse qui « normalement » doit soutenir l'entreprise. Or le sens s'est inversé et aujourd'hui c'est l'entreprise, source de forts profits, qui alimente la bourse. Le capitalisme boursier est un des attributs, l'une des propriétés du capitalisme industriel.

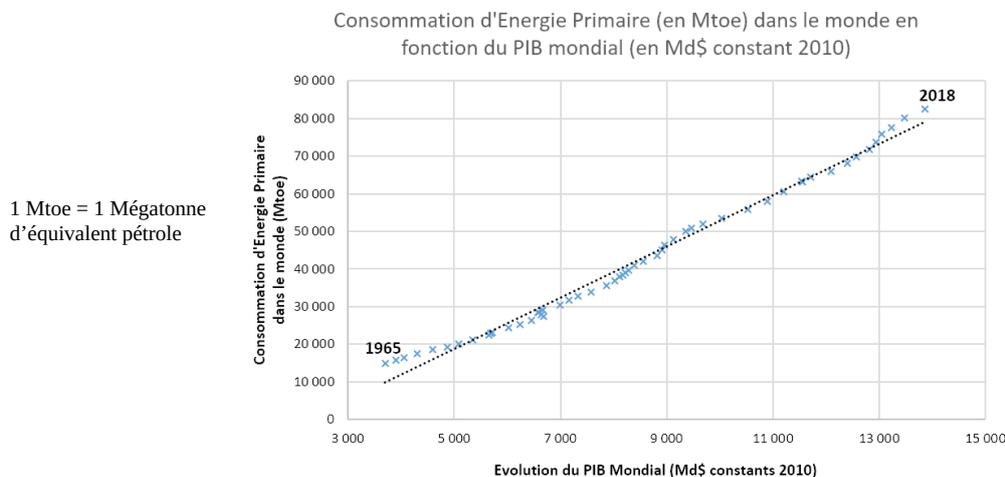
5 Les limites à la croissance (dans un monde fini), le rapport Meadows 30 après, écopoche, 2004-2017.

6 Tout se passe comme si chacun de nous disposait de 300 à 400 esclaves, selon Jean-Marc Jancovici.

7 Les plans comptables et les conventions légales qui font des actionnaires les décideurs uniques obligent implicitement à ce que la croissance soit l'objectif généralisé des entreprises dans un contexte de concurrence. N'est-ce pas plutôt la structure autopoïétique du capital physique qui a conduit à ce que le plan comptable soit le modèle/reflet de cette structure ?

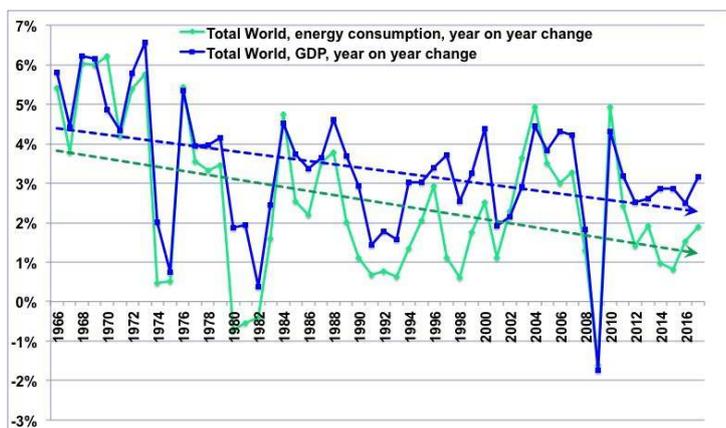
Le fonctionnement du capitalisme industriel est universel, quels que soient les régimes politiques, pour preuve la globalisation technologique et industrielle. Il se présente cependant sous plusieurs formes idéologiques apparentes, comme le néolibéralisme occidental ou encore le capitalisme d'état chinois.

L'une des caractéristiques essentielles du capitalisme industriel est le lien de proportionnalité qui existe entre la production du capital et l'énergie utilisée pour ce faire⁸.



Source: <https://data-for-climate.fr/correlation-consommation-denergie-primaire-pib-mondial-2>

Durant les 30 glorieuses, la disponibilité en énergie n'ayant rencontré aucune limite, la croissance de l'économie industrielle a pris une forme exponentielle, puis s'en est suivie une croissance linéaire, dont le taux mondial n'a cessé de diminuer, sans pour autant que le mode de production ne se soit déstructuré⁹.



Evolution comparée, depuis 1960, du PIB mondial (**courbe bleue**, en anglais PIB se dit GDP), et de la consommation mondiale d'énergie, hors bois (**courbe verte**, attention il s'agit de kWh, pas de prix !).

Ce qui est représenté pour chaque année est le pourcentage de variation par rapport à l'année précédente.

Il est facile de constater que les deux évoluent quasiment de concert. Il est aussi intéressant de noter qu'en 1980, 1989, 1997, et 2005 la variation à la baisse sur l'énergie a précédé – de peu, certes – celle sur le PIB.

Compilation par Jean-Marc Jancovici sur sources primaires BP statistical review, 2019, et Banque Mondiale (PIB), 2019

Posons alors la question : *que devient le capitalisme en période de décroissance ?*

Tout comme pour une population, la quantité de capital industriel peut décroître ou se maintenir, involontairement par épuisement (déplétion) énergétique, ou volontairement dans le but de pallier les effets du syndrome écologique (désinvestissement).

La structure auto-reproductrice d'une population n'empêche pas sa décroissance éventuelle. De la même façon, la structure auto-reproductrice du capitalisme industriel n'empêchera pas ce dernier de décroître. On a pu mesurer ce fait en vraie grandeur lors de la première année de la COVID19.

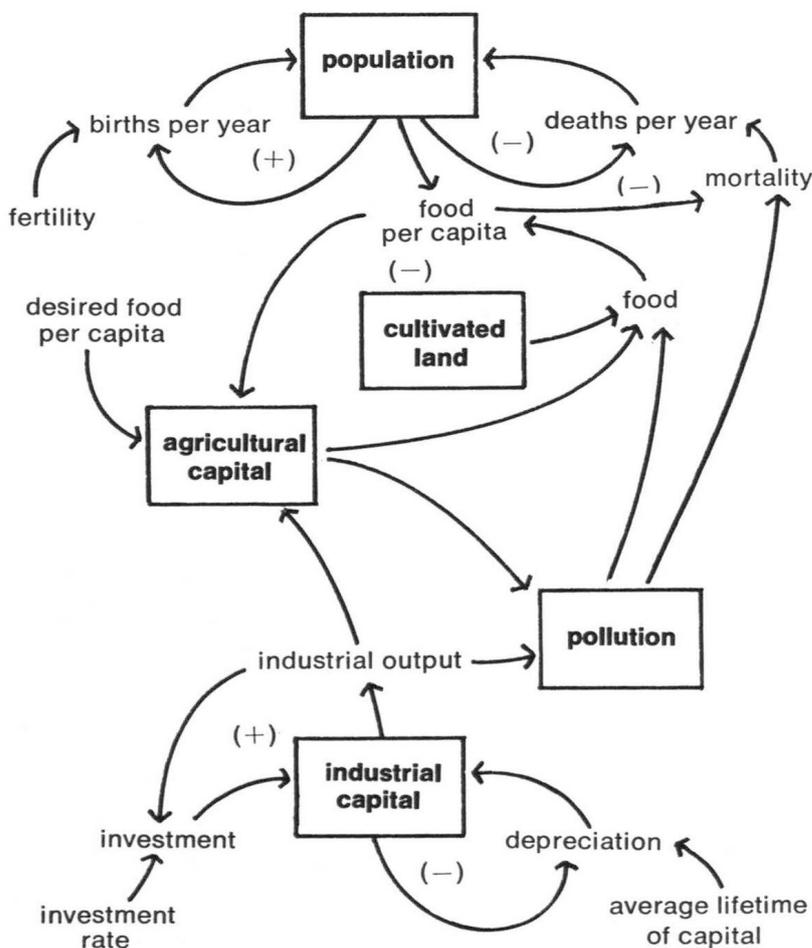
8 En doublant un nombre de machines, on doublera la production mais aussi la quantité d'énergie utilisée. cf. Jean-Marc Jancovici.

9 Voir plus bas figure « Transition énergétique » du chapitre « Recommandations du GIEC ».

Capitalisme et décroissance ne sont pas antagoniques.

Le mode de production industriel et la démographie forment le tétragramme *alimentation-population-énergie-capital industriel*, lequel se situe au cœur de la problématique écologique¹⁰. Une « transition capitaliste » peut très bien accompagner la transition démographique. Dans ce système, les mêmes interactions, qui ont voulu que croissance économique et croissance démographique se développent conjointement, vont agir de la même façon, conjointement, lorsque le signal de la décroissance aura sonné.

Figure 24 FEEDBACK LOOPS OF POPULATION, CAPITAL, AGRICULTURE, AND POLLUTION



Some of the interconnections between population and industrial capital operate through agricultural capital, cultivated land, and pollution. Each arrow indicates a causal relationship, which may be immediate or delayed, large or small, positive or negative, depending on the assumptions included in each model run.

Extrait de *The limits to growth*, 1972.

Boucles d'interactions entre population, capital, agriculture et pollution

Certaines des interactions entre population et capital industriel agissent via le capital agricole, les terres cultivées et la pollution. Chaque flèche indique une relation de causalité, laquelle peut être immédiate ou différée, forte ou faible, positive ou négative, en fonction des hypothèses retenues pour chaque simulation.

10 En termes de logistique, population et capital sont des stocks tandis que alimentation et énergie sont des flux.

Recommandations du GIEC et conditions de faisabilité

La limitation du réchauffement climatique à 1,5 °C ou 2 °C selon les politiques à venir, telle que préconisée lors de la COP 21 de 2015 à Paris, conduit à réduire les émissions de GES de façon drastique. Le GIEC a calculé en 2018 que si les engagements de l'accord de Paris étaient scrupuleusement respectés, cela ne suffirait pas pour garantir les 1,5 °C de réchauffement. Le GIEC a quantifié l'effort à fournir mais n'en a pas spécifié les moyens, sinon de façon très générale. Constatant que les relevés d'observations ne vont pas dans le sens souhaité, le GIEC préconise entre autres la captation de CO₂ à la source, c'est-à-dire à l'exhaure des procédés¹¹.

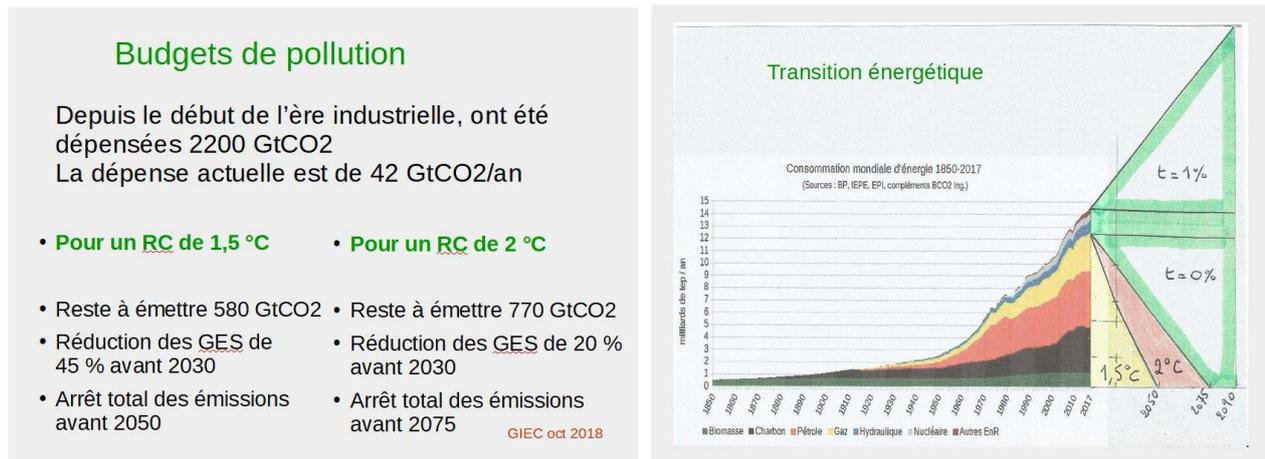


Figure Transition énergétique.

Le triangle jaune représente ce qu'il reste à dépenser en énergie fossile pour limiter le réchauffement à 1,5° C.

- Dans l'hypothèse d'une croissance énergétique nulle :
 - pour respecter les 2° C de réchauffement, il faudrait produire des ER correspondant au triangle vert marqué t = 0 %, s'ajoutant au rectangle vert correspondant aux ER déjà installées.
 - pour limiter à 1,5° C le réchauffement climatique, s'ajoute un supplément correspondant au triangle rouge.
- Ces surfaces sont plus grandes que celles correspondant à toute l'énergie déjà dépensée depuis les années 1850.
- Dans l'hypothèse d'une croissance énergétique de 1 % l'an jusqu'en 2090, il faudrait de plus produire l'énergie correspondant au triangle vert marqué t = 1 %.

En tout état de cause, quelles que soient les solutions adoptées, celles-ci doivent être durables, sans quoi leurs effets négatifs se révéleraient à terme.

Les conditions d'obtention d'une durabilité forte ont été énoncés par Herman Daly¹².

Durabilité forte : Herman Daly

Le stock de *capital naturel* ne doit pas baisser. Seuls les flux matériels de l'économie qui remplissent les trois conditions suivantes peuvent être considérés comme durables sur les plans matériel et énergétique :

- le rythme de consommation des ressources renouvelables ne doit pas excéder le rythme de régénération de ces mêmes ressources (ex: stock de bois, de poissons, etc.)
- le rythme de consommation des ressources non renouvelables ne doit pas excéder le rythme auquel des substituts renouvelables et durables peuvent être développés (ex: carburants fossiles → agrocarburants)

11 CSC : captation et séquestration de carbone. La captation s'opère lorsque le CO₂ est à forte concentration dans les fumées. C'est un procédé coûteux, dont le nombre de sites potentiels est limité, complexe techniquement, à acceptabilité difficile pour les populations. Le CAD (captation de l'air directe), qui s'opère dans l'air ambiant, a peu de chance de se développer. Comparativement, la concentration est très faible (entre 400 et 500 ppm). C'est le résultat du désordre entropique, aussi cela reviendrait à capter 1/2 litre de CO₂ dans 1 m³ d'air. Ce très grand brassage nécessiterait de très grandes quantités d'énergies.

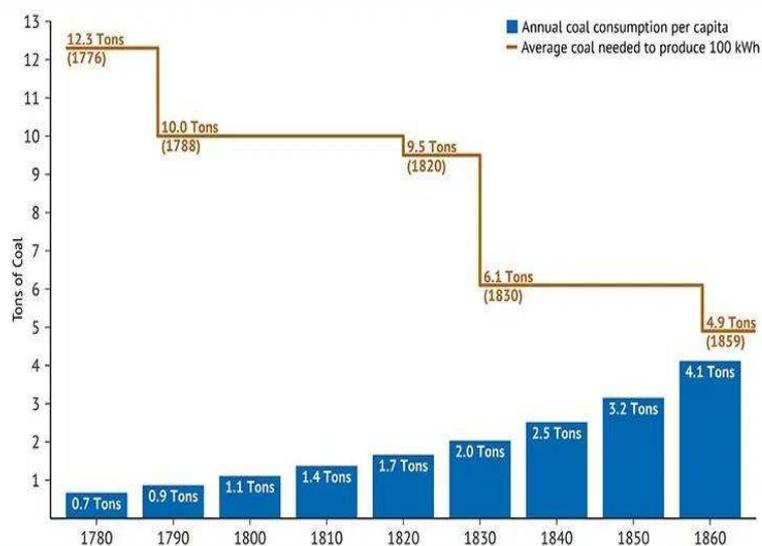
12 Une durabilité *forte* est celle qui prend en compte la globalité d'un problème et le résout de façon systémique, contrairement à une durabilité *faible*, où chaque problème est traité séparément.

- le rythme d'émission de pollution ne doit pas excéder la capacité de l'environnement à absorber et assimiler cette pollution (cf : excès d'azote).

Le respect des recommandations du GIEC consiste à réduire les émissions d'environ 5 à 7 % par an pendant quelques dizaines d'années, jusqu'à l'atteinte de la neutralité carbone.

Selon le rythme de développement des ER : soit ces réductions sont compensées par des ER équivalentes, et c'est la stabilité économique, soit les ER sont insuffisantes à la compensation, et c'est la décroissance économique. Soit encore, les réductions sont inférieures aux préconisations du GIEC, et le problème climatique s'aggrave davantage.

A consommation constante, cela revient à remplacer le même pourcentage de la totalité des énergies fossiles par des renouvelables. Objectif impossible à atteindre : actuellement les nouvelles énergies renouvelables ne représentent mondialement qu'environ 5 % de la totalité des énergies primaires (hors hydroélectricité de 6,4%). Pour l'instant, ces énergies ne font que participer à l'*effet rebond* (*paradoxe de Jevons*).



Effet rebond

Consommation de charbon au 19^e siècle augmentée par des progrès dans l'efficacité des machines à vapeur

Plus on **améliore l'efficacité** – **courbe orange** (consommation marginale d'énergie ou de matière), plus **on consomme** – **colonnes bleues** (consommation globale). L'exemple contemporain est incarné par l'aviation lowcost : moins cela coûte par unité plus la consommation globale augmente

Source: https://i0.wp.com/mrmondialisation.org/wp-content/uploads/2016/05/03_jevons_paradoxes.jpg

Le GIEC et le développement durable

La notion de développement durable était implicitement contenue dans le rapport Meadows de 1972. Elle a été explicitée par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations Unies, présidée par M. *Gro Harlem Brundtland* en 1987.

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. »

Selon cette définition, la satisfaction des besoins des générations présentes a été compromise par celle des générations passées, si l'on en juge par les désastres écologiques contemporains.

Le développement durable actualisé ne peut donc que souhaiter que les générations futures ne soient pas confrontées à des situations pires que la situation actuelle, et si possible meilleures.

Or, selon le GIEC, l'application même stricte de l'Accord de Paris serait insuffisante pour tenir les 1,5 °C de réchauffement depuis la période préindustrielle. La situation écologique d'alors ne pourra qu'être pire que celle d'aujourd'hui. C'est pourquoi le GIEC recommande un durcissement des engagements, tout en craignant les impacts sociaux qui s'ensuivraient.

Dans cette perspective, le GIEC promeut des politiques qui tiennent compte du besoin de développement des régions les plus défavorisées et les plus pauvres, tout en reconnaissant la difficulté sociale, technologique et économique d'organiser la réduction des émissions de GES par la seule voie d'une transition énergétique, sans changement qualitatif plus profond, valant changement de paradigme.

Le titre du rapport spécial de 2018, commandé par les États, sur la comparaison des conséquences de réchauffements de température entre 1,5 °C et 2 °C en dit long sur le paradigme culturel qui imprègne l'ensemble de la société, dont le GIEC fait partie.

« Réchauffement planétaire de 1,5 °C. Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté¹³ »

Dans ce rapport, d'une qualité technique et éditoriale absolue, les notions essentielles *d'intensité énergétique et de TRE* ne sont pas évoquées, ce qui évite d'étudier l'éventualité d'une décroissance subie ou acceptée. Par ailleurs, l'énergie nucléaire est à peine citée et y reste tabou.

Le GIEC considère que l'innovation peut résoudre la question climatique, que les technologies actuelles y suffisent presque et qu'en fait ce sont les difficultés d'organisation économique et sociale qui font frein.

Comptant sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, alors que les TRE et l'intensité des énergies renouvelables rendent ces dernières difficilement compétitives, le GIEC se positionne non loin des écomodernistes, prisonnier du paradigme culturel qui s'est constitué avec les révolutions industrielles. Les contributeurs voient juste dans leurs observations des faits tandis que les rédacteurs (qui ont les mêmes origines scientifiques/culturelles) gardent la foi dans la faisabilité de leurs recommandations.

Tendances actuelles : transition énergétique et numérique, rentabilité à Court Terme

La plupart de la mise en application actuelle des innovations qui suivent sont prometteuses de rentabilité à Court Terme, comme le cas en est flagrant pour les éoliennes.

5G et internet des objets C'est le résultat de la concurrence entre Chine et USA, sans considération aucune d'un quelconque bénéfice écologique.

Électrification des moyens de transports individuels L'industrie automobile du monde entier se lance dans la voiture électrique, plus consommatrice de ressources naturelles que la voiture à essence. Le manque d'énergie primaire renouvelable conduit à ce que ces voitures électriques soient de fait alimentées au charbon ou au pétrole.

Développement de sources d'énergie renouvelable L'industrie nouvelle des ER se déploie dans plusieurs directions, principalement dans le PV (photovoltaïque) et l'éolien, très rentables financièrement, mais comme on le verra plus bas, moins rentables énergétiquement.

Généralisation de la numérisation C'est en fait une nouvelle industrie, qui ne se substitue qu'en partie à de plus anciennes, si l'on en juge par les taux d'équipement d'appareils numériques des ménages.

Développement d'énergies finales (hydrogène, biocarburants) Ces nouvelles énergies sont nécessaires au développement de l'aviation et des gros porteurs routiers. Ici encore, la nature de l'énergie primaire n'est pas prise en compte.

Énergies renouvelables (ER)

Les ER prennent une place toute particulière du seul point de vue énergétique, la transition énergétique consistant à remplacer des énergies fossiles non renouvelables par des énergies renouvelables non émettrices de GES, afin de limiter le réchauffement climatique. Ce développement est soumis à plusieurs types de contraintes, décrites ci-après.

Intensité des énergies

Les sources d'énergie *faiblement intenses* sont des énergies « flux » qui se captent dans l'instant, ce sont les énergies solaires et éoliennes. Elles sont limitées en puissance par la surface de captation pour la PV (photovoltaïque) et le solaire thermique et par la vitesse du vent pour l'éolienne.

Les énergies *fortement intenses* sont des énergies « stock » accumulées au cours des temps géologiques. Il s'agit du charbon, des hydrocarbures. Les puissances thermiques sont produites à la demande.

13 C'est nous qui soulignons.

La biomasse (bois, agrocarburants) et l'hydraulique peuvent être produites de façon *fortement intense* mais sur des périodes de temps limitées par leur renouvellement et leur possibilité d'accumulation et de stockage.

Pour les énergies *faiblement intenses*, l'accumulation ne peut s'opérer qu'après production, tandis que pour les *fortement intenses* c'est l'accumulation qui précède la production.

Quant à elles, les ressources naturelles en uranium ne sont pas fossiles, elles proviennent de la matière stellaire qui compose notre système solaire. La faible concentration d'uranium fissile résiduel contenue dans l'uranium naturel (0,7 % de U_{235}) permet par enrichissement technologique (3-4 % de U_{235}) de produire un combustible utilisable dans les réacteurs nucléaires. La fission ne produit pas de GES, mais des déchets radioactifs de plusieurs catégories. C'est une énergie *fortement intense* et à TRE élevé (cf. infra). Cette énergie n'est ni fossile ni renouvelable, mais elle en possède les caractères.

Énergie nucléaire

L'énergie nucléaire ne produit pas de GES. Ramenée au TWh produit, elle est celle qui occupe le moins de surface au sol, produit le moins d'accidents – un accident nucléaire est plus spectaculaire que maints effondrements de mines de charbon¹⁴ – et possède un TRE élevé. C'est une innovation consécutive aux applications nucléaires militaires originelles.

Des écologistes l'ont condamnée à cause de la dangerosité des déchets produits, mais ceux-ci, à énergie produite égale, sont plus de 100 000 fois moins volumineux que les déchets de combustion, les GES.

Cette énergie peut devenir une énergie du futur si la 4^e génération est développée (réacteurs à neutrons rapides), laquelle permet une réduction de la quantité et de la dangerosité des déchets produits, ou bien encore si la filière thorium (matériau fertile convertible en fissile et assez abondant) est aussi développée¹⁵.

Aujourd'hui de nombreux pays s'équipent en réacteurs de génération III+ (correspondant aux EPR) comme la Chine (150 réacteurs y vont être installés dans la décennie) ou l'Irak (producteur de pétrole!) ou encore l'Inde dont le sous-sol contient de grandes quantités de thorium et fait de la recherche dans ce sens.

Des SMR (Small Modular Reactors) sont également en cours de développement.

En Europe, les politiques et les écologistes n'ont pas encore fait des points objectifs sur cette source.

Enfin et comparativement avec les autres ER, un réacteur s'amortit en plus de 50 ans contre 20 ans pour les premiers, ce qui défavorise le nucléaire.

La génération IV est celle qui devrait être développée car elle permettrait à terme d'éliminer les déchets déjà produits et, de plus, d'utiliser l'uranium appauvri, résultat de l'enrichissement de l'uranium naturel.

Mais les orientations se sont portées sur la fusion nucléaire, laquelle pourrait devenir une source illimitée d'énergie.

Malheureusement, si elle devait réussir, ce serait bien trop tard pour l'agenda climatique. Un autre problème majeur de cette dernière est qu'en physique fondamentale l'on ne comprend pas encore pourquoi des phénomènes de disruption se produisent au sein des appareils d'essai.

Un exemple de situation énergétique, celui de la France

Énergie primaire. Pour remplacer totalement les énergies fossiles et le nucléaire, il faudrait multiplier par un facteur 8 un mix d'hydroélectricité et de ER.

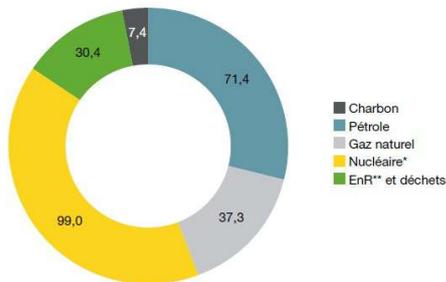
Consommation par secteur. Le secteur tertiaire consomme presque autant que l'industrie. Les transports, à eux seuls, consomment un tiers de l'énergie finale.

14 Lors d'un accident majeur, comme à Three Mile Island (1979), Tchernobyl (1986) ou Fukushima (2011), ce sont des régions entières qui deviennent brusquement inhabitables, et c'est certainement cela qui induit la peur d'un accident majeur en France, impossible à écarter. Risque à comparer cependant à la somme des zones devenues désertiques à cause du réchauffement climatique.

15 La filière thorium a été abandonnée dans les années 1980 aux USA car elle ne permettait pas d'applications militaires. En France, pour des raisons uniquement politiques, c'est le surgénérateur Superphénix de Creys-Malville qui a été définitivement arrêté en 1996. Et plus récemment, fin 2019, le gouvernement a fait abandonner par le CEA une étude de surgénérateur, ASTRID, acronyme de l'anglais Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration. C'était un projet de prototype de réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium qui devait comme combustible utiliser l'uranium appauvri et le plutonium.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE EN FRANCE

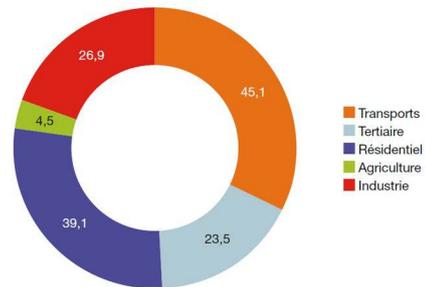
TOTAL en 2019 : 245,5 Mtep (données réelles, non corrigées des variations climatiques)



* Déduction faite du solde exportateur d'électricité.
** Energies renouvelables.

CONSOMMATION FINALE ÉNERGÉTIQUE PAR SECTEUR EN FRANCE

TOTAL en 2019 : 139,1 Mtep (données réelles, non corrigées des variations climatiques)



Source : Ministère de l'écologie, Chiffres de l'énergie, édition 2020.

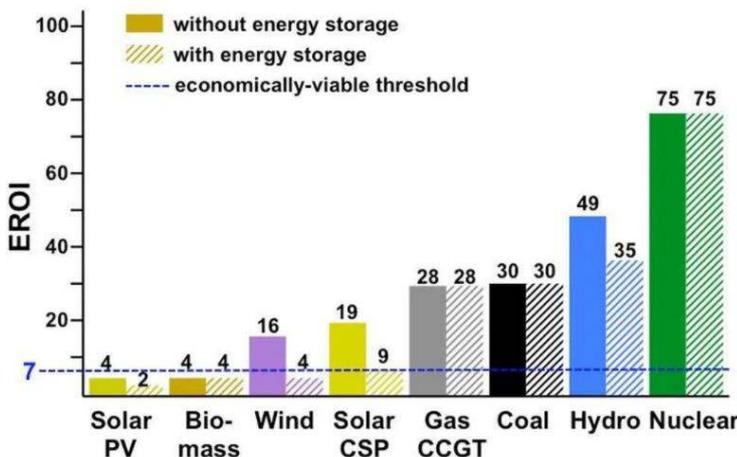
Taux de Retour Énergétique

Un autre paramètre-clé de la production d'énergie est le TRE (taux de retour énergétique ou EROI, Energy Return On Investment). C'est le rapport entre l'énergie produite et l'énergie nécessaire à l'extraction. Par exemple, il fallait en 1900 pour en extraire 100 litres dépenser 1 litre de pétrole. Aujourd'hui, ce TRE est passé pour le pétrole sous la barre des 10:1.

Les énergies *faiblement intenses* possèdent en général des TRE faibles et encore plus faibles si des dispositifs de stockage sont adjoints.

Les critères économiques actuels sont tels qu'au dessous de 7:1, la rentabilité économique devient insuffisante, ce qui rend caduc l'emploi des PV et de la biomasse (TRE < 2:1) et demande la plupart du temps leur subventionnement. Restent intéressants le solaire thermique et l'éolien.

Energy Returned On Investment relative to the breakeven value of 1



Taux de retour énergétique relatif à la valeur limite de 1:1

Avec ou sans stockage d'énergie
Limite de viabilité économique (7:1)

- Solaire photo-voltaïque
- Biomasse
- Éolien
- Solaire thermique avec stockage intégré
- Gaz (Centrale Gaz à Cycle Combiné)
- Charbon
- Hydraulique
- Nucléaire

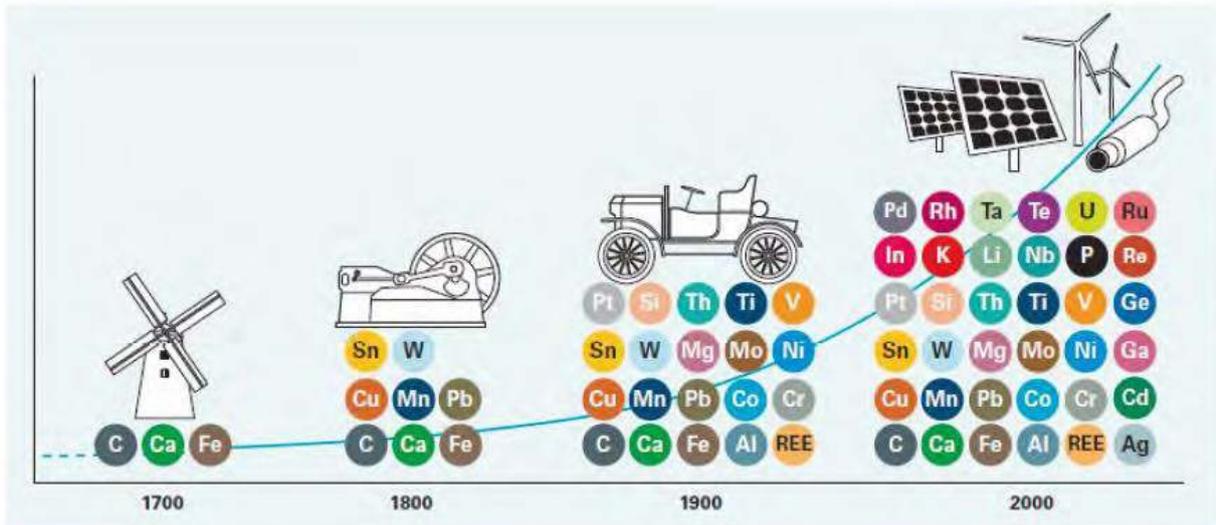
Graphique: <http://memepoliceman.com/are-windmills-idiot-power/>

Ressources minérales naturelles

L'industrie, de plus en plus sophistiquée, utilise une variété de matériaux de plus en plus grande. Alors qu'avant 1900, à peine une dizaine de matériaux différents étaient employés, aujourd'hui c'est la totalité des éléments naturels qui est convoquée pour les applications énergétiques et électroniques, ce qui constitue la transition numérique.

Ces matériaux, métaux et terres rares, sont en outre de plus en plus difficiles à extraire alors que la quantité demandée va en augmentant. Leur extraction est réalisée à l'aide d'énergie fossile et génère une importante pollution des eaux et des sols.

Matières premières utilisées pour produire l'énergie depuis le 18e siècle



Source : Achzet B., Reller A., Zepf V., University of Augsburg, Rennie C., BP, Ashfield M. and Simmons J., ON Communication (2011): Materials critical to the energy industry. An introduction https://ree.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/focus_ressources_naturelles_version_complete.pdf#118

Taux de recyclage des éléments à partir de produits en fin de vie à l'échelle mondiale et européenne



Sources : d'après Patrice Christmann, 2019. UNEP (2011). Recycling rates of metals - A Status report. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the UNEP International Resource Panel ; European Commission, EIP on Raw Materials, Raw Materials Scoreboard 2018

Conséquences pour le mix énergétique

Les ER ne produisant pas de GES¹⁶ sont irremplaçables, mais il faudra s'adapter à leurs inconvénients que sont l'intermittence, leurs faibles TRE, dont l'une des conséquences est l'immensité de l'investissement à réaliser, et enfin la mise en œuvre de quantités de métaux et de terres rares, elles même soumises à des TRE allant en diminuant.

Extrait p. 70 de CGDD, **L'environnement en France 2020, Focus ressources naturelles, 241 p. Ministère de l'écologie.**

La transition bas-carbone, qui s'opère progressivement au niveau mondial, conduit ainsi à passer d'une dépendance aux combustibles fossiles à une dépendance aux métaux stratégiques. Or ces ressources minières sont limitées, donc coûteuses et produites par un nombre limité de pays, dans un contexte de faible recyclabilité et de demande croissante de ces matières.

Associées au nucléaire et/ou au gaz naturel qui garantissent la continuité et la stabilité électrique des réseaux, elles sont pour l'instant une fois installées le moyen de produire de l'électricité ZEN (zéro émissions nettes) mais bien insuffisantes pour couvrir les besoins des secteurs agricoles, transports et construction de bâtiments, ces derniers secteurs toujours alimentés par des énergies fossiles.

Innovation et découplage

Rôle de l'innovation

Le syndrome écologique étant fondamentalement de nature physique, l'homme ne possède d'autre arme pour l'atténuer que sa Technologie. Et c'est à coups d'innovations auxquelles il est condamné qu'il poursuivra sa conquête ou plutôt sa mise en sécurité.

La politique jouera un rôle clé en n'autorisant la mise en application des innovations qui seules tendront à l'atténuation.

Science et technologie

La science et la technologie n'ont jamais été autant puissantes, en voici quelques exemples : connaissance des lois physiques (ex : sans théorie de la relativité, pas de GPS) ; succès de la conquête spatiale ; appareillage médical, tels que IRM, TEP (tomographie par émission de positons) ; puissance de calcul gigantesque ; réseaux de communication satellitaires, systèmes qualité ; convergence numérique ; en physique fondamentale, modèle standard et nouvelle physique en cours de fondation ; fission et fusion nucléaires ; connaissance et utilisation de tous les éléments chimiques ; technologie des matériaux ; biologie et génétique ; cosmologie ; etc.

Respect des lois de la nature

Lorsque ces lois sont respectées, on peut obtenir de grands succès, comme ceux cités ci-dessus.

Lorsqu'on ne veut pas tenir compte des conséquences de certaines de nos actions, pour des raisons éthiques, économiques ou idéologiques, ou bien que l'on utilise la science de façon inappropriée par volonté de puissance (ex : armement), alors on produit des situations comme celle du syndrome écologique contemporain, résultat paradoxal de notre trop grande puissance économique.

Découplage

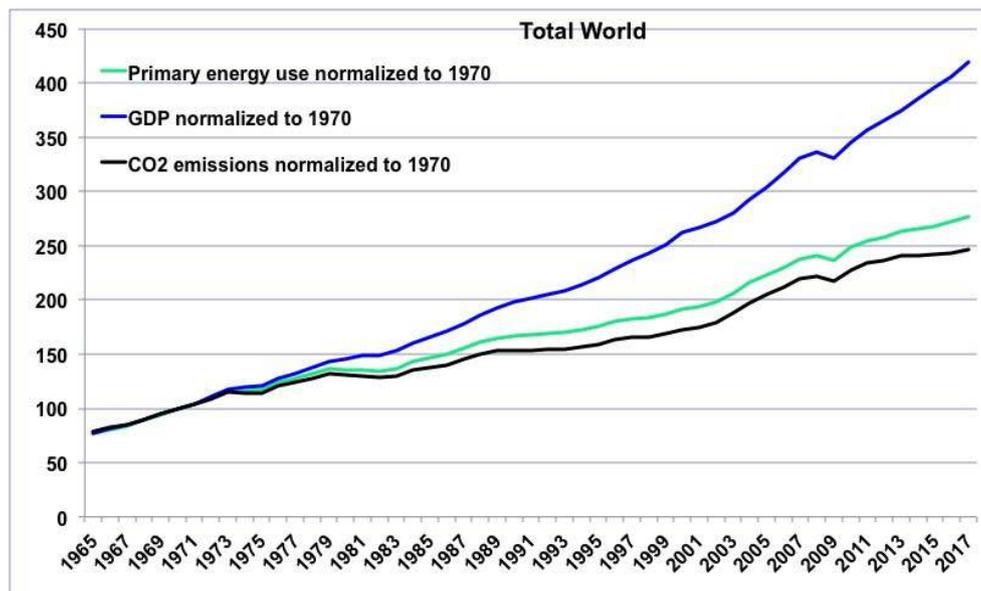
Faisant suite au climato-scepticisme, qui consistait pour les uns à nier le réchauffement climatique, puis pour les autres à accepter sa réalité tout en niant son origine anthropique, une nouvelle forme de déni-illusion s'installe, celle d'une *croissance verte*, d'un *développement durable*, lesquels s'affranchiraient des contraintes énergétiques grâce à la *transition* énergétique et numérique.

Une économie basée sur l'électronique et le numérique ne peut se substituer, mais seulement s'ajouter à la satisfaction des besoins de base : se nourrir, se vêtir, se loger, se chauffer, se déplacer, se soigner, se défendre, tout ceci constituant l'économie réelle.

16 Hormis les GES émis lors de leur fabrication et de leur installation.

Dans le schéma proposé par la plupart des États, l'énergie est toute renouvelable et les ressources minérales naturelles économisées grâce au recyclage généralisé, fondement d'une économie circulaire se substituant à notre économie linéaire actuelle.

C'est ainsi que récemment, au niveau européen, le pacte vert présenté par Ursula von der Leyen, présidente de la Commission européenne, le 11 décembre 2019, annonçait « une nouvelle stratégie de croissance qui vise à transformer l'UE en une société juste et prospère dans laquelle la croissance économique sera *dissociée* de l'utilisation des ressources. »



Évolutions normalisées (valeur 100 en 1970 dans tous les cas de figure) du PIB mondial (bleu), de l'énergie utilisée dans le monde (vert), et des émissions de CO2. On voit clairement que tout augmente, mais l'énergie un peu moins vite que le PIB et le CO2 un peu moins vite que l'énergie. Et à aucun moment il n'y a d'augmentation durable du PIB mondial avec une baisse durable de l'énergie utilisée.
Données primaires BP Statistical Review pour l'énergie et World Bank pour le PIB. Source Jean-Marc Jancovici.

Certes, un découplage relatif a bien eu lieu entre PIB et énergie, puisque, depuis 1970, le PIB mondial a progressé de 425 % tandis que l'énergie nécessaire n'a augmenté que de 275 % et les émissions de CO2 de 250 %. Cet écart est le résultat des progrès technologiques ayant porté sur l'amélioration des rendements thermodynamiques, sur l'organisation de la production et sur la conception des produits.

Promouvoir le découplage c'est oublier que le PIB est le *résultat* de l'action énergétique et non sa cause : sans énergie, renouvelable ou non, pas de PIB.

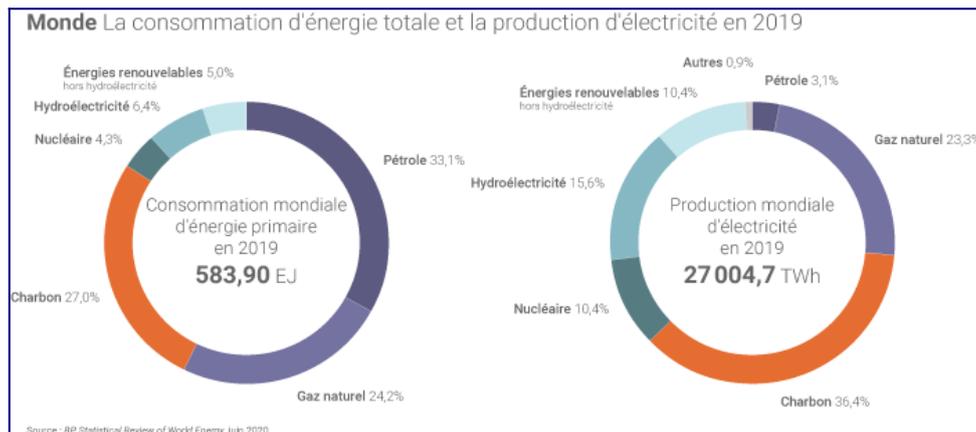
Et à aucun moment il ne peut y avoir d'augmentation durable du PIB mondial avec une baisse durable de l'énergie utilisée.

Un découplage absolu entre économie et énergie est illusoire. Cette idée résulte de l'incompréhension par les politiques de la dimension essentiellement physique d'une économie. La substitution d'énergies renouvelables aux énergies fossiles permet un découplage entre économie et énergies fossiles, mais pas entre énergies stricto sensu et économie.

Situation à dépasser

La situation décrite plus haut des trois irréversibilités va en s'aggravant, tandis que les sociétés prennent conscience de plus en plus de cette situation et commencent ici ou là à réagir par l'adaptation et l'atténuation.

La résultante optimale dépendra de la qualité des choix à venir, c'est-à-dire des actions appropriées sur le tétragramme *alimentation-population-énergie-capital industriel*.



Consommation mondiale. Les énergies non émettrices de GES participent pour 36,4 % (2019) à la production d'électricité (10,4 % pour les seules ER). Ces mêmes énergies ne participent plus que pour 15,7 % (2019), rapportés à la consommation totale d'énergie primaire de tous secteurs (électricité, transports, agriculture, construction et chauffage, industries) et 5 % pour les seules ER. Source : BP statistical Review of World Energy, juin 2020.

Les 9 paramètres de la situation à dépasser

1. Le réchauffement climatique, la réduction de la biodiversité et la pollution progressent à des rythmes s'accéléralant.
2. Le capitalisme industriel peut supporter des taux de croissance aussi bien positifs que nuls ou négatifs.
3. La transition énergétique et numérique aggrave la dépendance aux métaux et terres rares.
4. Les ER faiblement intenses ne peuvent répondre que partiellement à la production d'électricité.
5. Les besoins en énergie mobilisent toutes celles disponibles comme le pétrole non conventionnel ou le charbon, aussi bien que les ER, pour « alimenter » l'outil industriel.
6. Les recommandations du GIEC ne peuvent pas être respectées dans le cadre géopolitique actuel (l'écologie est considérée comme contrainte et non comme priorité).
7. Le découplage entre économie industrielle et les énergies consommées est illusoire.
8. L'énergie nucléaire, fortement intense et non émettrice de GES, va occuper une place non encore clairement définie dans les programmes énergétiques des états.
9. L'économie circulaire, par opposition à l'économie linéaire, est le modèle vers lequel il faut tendre mais qui n'est qu'illusoire : il produira toujours des déchets finals et nécessitera quantités d'énergie dans le processus industriel de recyclage et pour leur transport (le processus de recyclage est soumis à une augmentation de l'entropie).

Validité des scénarios

Quels que soient les scénarios qui se détacheront, ceux-ci dépendront de gré ou de force des 9 paramètres essentiels décrits ci-dessus. L'objectif à atteindre ne peut se limiter à la réduction, même importante, des émissions de GES, mais devra viser l'obtention d'un *taux zéro d'émissions nettes*. L'application du schéma quadripolaire aidera à évaluer les positions opposées des collapsologues et des écomodernistes et à délimiter le champ des possibles.

Scénario écomoderniste

Ce scénario-hypothèse repose :

Sur l'innovation. Si celle-ci ne peut tout résoudre, encore est-elle le seul moyen pratique que l'homme puisse déployer pour dépasser la situation actuelle. Depuis le début de la révolution industrielle, l'innovation n'a fait qu'aider à développer l'industrie sans pour autant tenir compte de ses effets négatifs. Pourquoi aujourd'hui en serait-il autrement ? La plupart des innovations qui sont développées aujourd'hui sont celles qui satisfont la rentabilité à Court Terme (cf. plus haut). L'innovation écomoderniste continue de s'appuyer sur la lancée du *business as usual*.

Sur le découplage. C'est l'un des points essentiels de cette idéologie (avec le recyclage des matériaux), mais nous avons vu plus haut qu'il était illusoire. Les décisions prises dans ce sens aggravent la situation en orientant l'humanité dans des directions non viables et non durables.

Ecomodernisme

Alors que l'écologie historique prône le respect de la nature, considère que l'homme en fait partie et que par conséquent il doit l'intégrer dans ses actions, l'écomodernisme s'appuie sur le concept selon lequel l'activité humaine doit se séparer de la nature, s'en dissocier pour ne pas la dominer, pour ne pas interagir avec elle. En quelque sorte, le résultat serait le même si l'homme pouvait quitter la terre.

D'un côté donc, la Nature qu'on laissera tranquille dans un superbe isolement, de l'autre l'humanité, vivant concentrée dans des villes, s'alimentant artificiellement, s'activant dans un monde virtuel.

C'est une façon comme une autre de nier notre matérialité, d'ignorer la physique, de s'illusionner sur les possibilités de l'innovation¹⁷.

Scénario de l'effondrement

Dans ce scénario, l'économie et la civilisation ne peuvent que s'effondrer à court terme, puisque l'écologie est traitée de façon annexe, que l'urgence absolue n'est pas prise en compte et que le *business as usual* continue de s'imposer.

En fait, ce scénario n'en est pas réellement un, c'est seulement un *processus* en cours depuis des décennies, qui s'accélère dans ses effets sur le réchauffement climatique, l'extinction des espèces et la pollution.

Tout se passe alors comme si l'homme n'allait jamais réagir dans des proportions et à un rythme suffisants.

Scénario de la transition capitaliste

Reprenons maintenant notre tétragramme. En termes moriniens, la transition démographique entraînera la transition capitaliste qui entraînera la transition démographique.

Les stocks de capitaux industriels (physiques) ne font que dépendre de l'énergie disponible. Beaucoup d'énergie disponible et c'est la croissance de l'économie. Moins d'énergie disponible et c'est la stabilité ou la décroissance subie. Le mode d'alimentation énergétique est le facteur prépondérant.

¹⁷ Les 7 écologies, Luc Ferry, 2021

Il résulte de ce qui précède que modifier le mode de fourniture alimentaire de la population et le mode de fourniture énergétique de la production industrielle constitue une révolution sociale qui dépasse de loin le terme de « transition énergétique et numérique ».

De la pertinence des choix et de la rapidité de leur mise en œuvre dépendra les rythmes d'aggravation des trois irréversibilités identifiées.

L'enjeu est d'éviter un effondrement (décroissance subie rapide suivie d'un chaos), mais seule la technologie ne saurait faire que « tout puisse continuer comme avant. »

La réorganisation sociale est à mettre en œuvre d'urgence. Sa pleine réussite passera par ailleurs par la prise en compte des inégalités et par la collaboration internationale. La sobriété ne saurait être évitée.

Le déclencheur de la transition capitaliste amorcée est la pénurie d'énergie

Entre effondrement radical et statu quo sociopolitique/écomoderniste, la perspective la plus probable est une transition capitaliste.

Il y a transition... et transition

Le terme *transition* désigne le passage d'un état à un autre, en général lent et graduel. C'est un état intermédiaire entre un état initial et un état final.

La **transition énergétique** désigne l'ensemble des transformations structurelles profondes des modes de production, de distribution et de consommation d'**énergie** effectuées sur un territoire dans le but de le rendre plus écologique.

La **transition numérique** est l'intégration des technologies digitales dans les processus de l'entreprise. La **transition numérique** révolutionne le management de l'information notamment en termes d'importance du flux et en termes de réactivité.

Le **numérique** fournit ainsi de nouvelles possibilités à tous ces acteurs par un accès démultiplié et en temps réel à une grande masse de données, et par l'émergence de modèles plus interactifs, plus flexibles et plus décentralisés.

La **transition démographique** est le processus historique par lequel une population passe d'un régime démographique caractérisé par un taux de mortalité et un taux de natalité élevés à un nouveau régime caractérisé par un taux de mortalité puis un taux de natalité faibles.

Une **transition capitaliste** pourrait, de façon similaire à une transition démographique, se définir par le passage de taux d'investissement et de dépréciation élevés (croissance économique) à un nouveau régime caractérisé par des taux nuls ou négatifs de croissance, initiés par une diminution du flux d'énergie, ce qui se traduit par une diminution du stock de capital industriel (désinvestissement) et une diminution de la production industrielle.

Par suite de pénurie énergétique¹⁸, une baisse de la production industrielle entraînera une réduction du stock de capital industriel. L'ère préindustrielle utilisait des ER. Nous allons y revenir, mais armés des connaissances scientifiques accumulées sur plus de deux siècles.

La pénurie énergétique proviendra d'une demande globale en augmentation, laquelle viendra se heurter à l'épuisement (déplétion) des ressources fossiles, dont le pic de production a été dépassé vers 2015.

Le pétrole devra être réservé à l'industrie chimique. Avant son futur pic, le gaz naturel continuera à se développer. Seules les réserves en charbon restent conséquentes mais l'emploi de cette énergie est la pire du point de vue émission de GES. Quoique très abondant, son déclin sera marqué par le coût en augmentation des quotas d'émission de CO₂¹⁹.

18 Aujourd'hui, dans certaines régions chinoises, des industries ferment 2 jours par semaine, par manque d'énergie électrique.

19 La taxe carbone, déjà appliquée aux industries, sera bientôt étendue au chauffage et au transport. Son montant est le résultat de compromis entre partenaires aux intérêts souvent opposés. Son rythme d'application est celui de l'histoire humaine. Il ne peut être aussi efficace que peuvent l'être des normes ou des obligations réglementaires.

La substitution d'énergies renouvelables aux énergies fossiles revient à remplacer des énergies à forte intensité énergétique (pétrole, gaz), par des énergies à faible intensité (éolien et PV). Ce caractère d'*intensité énergétique* est prépondérant et c'est à cause de lui que la baisse des énergies fossiles ne pourra pas être compensée.

En raison des TRE très variables d'une énergie à l'autre, toutes n'ont pas le même avenir. La suppression contrainte des subventionnements ou leur ciblage rétabliront l'équilibre économique entre énergies.

L'énergie nucléaire généralisée reste une solution mais son acceptation n'est pas établie. C'est une énergie à très forte intensité énergétique : à production égale à celle du charbon, elle produit plus de 100 000 fois moins en volume de déchets. Pour des raisons idéologiques, l'Europe est dans une impasse (Allemagne, France)²⁰. Beaucoup de pays projettent de relancer cette énergie (dont la Chine, l'Inde et les USA). Les déchets finals pourraient être traités dans des réacteurs de quatrième génération, et ces RNR²¹ peuvent utiliser en plus les stocks d' U_{238} appauvri en souffrance. Ils pourraient en outre convenir à la filière thorium si celle-ci était développée. La perspective de la fusion nucléaire de tritium reste utopique²², elle arriverait trop tardivement face à l'urgence climatique.

Conséquences sur la production industrielle

La baisse de disponibilité énergétique entraînera donc une réduction concomitante de la production et de la consommation. Les investissements seront freinés ou bloqués car la priorité sera donnée à la consommation.

a. pour les ménages.

Les ménages en difficulté grandissante vont axer leur consommation sur les besoins de base : se nourrir, se loger, se chauffer, se vêtir, se soigner, se déplacer. Toutes les autres consommations non essentielles vont s'effondrer, comme le tourisme, les biens et services culturels (*show business*). Le coût de l'énergie augmentant, seuls les produits strictement utiles seront fabriqués de plus en plus localement.

b. pour le bâtiment.

La construction immobilière consomme d'énormes quantités de matériaux, dont certains doivent être élaborés. C'est le cas de l'acier, dont le processus chimique de production est la source de GES. C'est aussi le cas du ciment, très coûteux énergétiquement et producteur de GES, dont le prix augmentera dans de fortes proportions.

Le bois de construction se fera de plus en plus rare. C'est la pierre qui redeviendra le matériau de construction le moins cher. Et plus que le neuf, qui souffrira de manques de crédit, c'est la rénovation beaucoup moins onéreuse qui se développera ainsi que le recours à l'isolation thermique, aux pompes à chaleur ou au PV.

c. pour les transports.

Les transports collectifs vont redevenir porteurs. L'industrie automobile sera contrainte de fabriquer des voitures individuelles beaucoup plus légères (cf. projet Shift européen) et des moyens de transport en commun routier et chemin de fer.

20 La taxonomie européenne doit bientôt décider si le nucléaire doit figurer parmi les énergies « propres » et par conséquent être admissible à subventions ou à tout le moins à l'absence de pénalisation

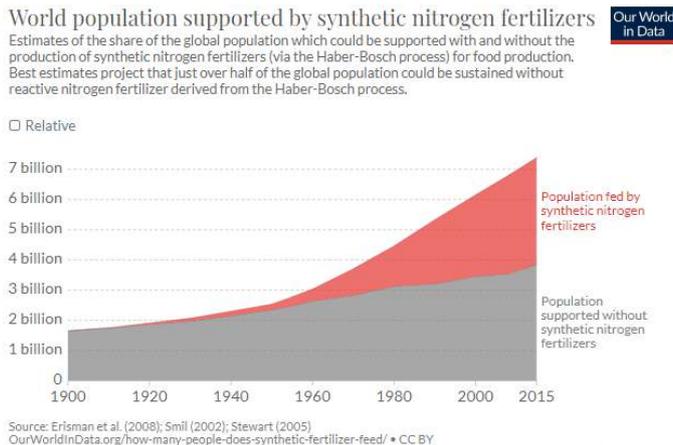
21 Réacteurs à Neutrons Rapides.

22 Sa théorie n'est pas complète : on ne sait pas encore expliquer les phénomènes de disruption.

Pour l'aviation, si ce secteur ne s'effondre tout simplement pas, les petits porteurs seront électrifiées, les moyens porteurs propulsés à l'hydrogène et les gros avec des biocarburants spéciaux. Ce secteur ne représente que quelques pourcents par rapport aux transports terrestres.

Alimentation humaine, agriculture et élevage.

Jusqu'en 1960 la totalité de la production agricole mondiale s'est faite de façon traditionnelle. Aujourd'hui, la moitié de la production agricole est soutenue par l'emploi d'engrais chimiques.



Population mondiale supportée par des fertilisants azotés synthétiques

Estimations de la part de la population globale qui serait supportée avec (en rouge) et sans (en gris) production de fertilisants (via le procédé Haber-Bosch) pour la production alimentaire.

Les meilleures estimations établissent qu'à peine plus de la moitié de la population globale serait soutenue sans fertilisants azotés réactifs, dérivés du procédé Haber-Bosch.

Agriculture biologique et nouvelles technologies ne sont pas en ce domaine contradictoires. Le mode de production alimentaire actuel, intensif, est gros consommateur d'énergie : dans la fabrication des engrais, la fabrication et l'utilisation des machines agricoles, la fabrication de produits chimiques, et dans le traitement agro-industriel consécutif à la production. Il en résulte des effets néfastes sur les trois déterminants écologiques que sont le changement climatique, la pollution et la perte de biodiversité.

L'organisation sociale de la production alimentaire devra évoluer, comme par exemple l'arrêt de la déforestation, la réglementation de la pêche, la remise en cause de l'élevage. Dans ce domaine, les essais-erreurs provenant d'innombrables initiatives aideront à faire évoluer nos modèles de production alimentaires vers plus de sagesse.

Les rendements agricoles vont baisser à cause de l'érosion des sols. De nombreuses terres consacrées à l'élevage seront converties en terres agricoles mais comme l'énergie manquera, l'agro-industrie se transformera en agroécologie. L'innovation gagnera la permaculture. Un exode urbain compensera les pertes d'emplois industriels et fournira la main d'œuvre qui manquera alors dans l'agriculture.

Réduction de la population. On a vu plus haut que la transition démographique en cours allait dans le sens souhaité, celui de la stabilité. Mais la taille actuelle de la population, effet direct du capitalisme industriel, se combinant au réchauffement climatique, conduit entre autres aux mouvements de migration qui viennent de s'amorcer.

Interagissant avec la transition capitaliste, la transition démographique conduira à une réduction concomitante du stock de capital industriel et de la population, tout comme la disponibilité d'énergie a fait croître conjointement la production industrielle et la population jusqu'à nos jours.

Déconstruction sociale

Les transitions capitaliste et démographique produiront d'immenses effets sur les sociétés. Celles-ci devront passer d'un mode de vie basé sur la surconsommation à un nouveau mode de vie basé sur la sobriété et la pénurie²³. La production sera moins mécanisée, par manque d'énergie, et le travail manuel, dans de nombreux domaines comme en agriculture, sera appelé à se développer. Mais les dégâts écologiques continueront de se produire. Des zones entières, devenues inhabitables, pousseront les hommes à migrer, tant à l'intérieur des états que d'un état à l'autre. La réduction générale des pouvoirs d'achat aura pour effet un creusement des inégalités. Pour rester stables, les sociétés devront trouver des moyens politiques adaptés. C'est dire que les changements ne porteront pas seulement sur le mode de vie et de consommation des populations, mais sur leurs politiques, leurs valeurs, leurs philosophies. Il ne s'agit pas moins que d'une déconstruction. La crise du COVID a montré que les populations sont prêtes à changer rapidement malgré leurs craintes. Au moins 10 % de français ont changé leur projet de vie personnel en moins d'une année. Les populations sont prêtes dans leur majorité à aller de l'avant, à condition que les objectifs soient clairement exposés. Citons aussi la volonté des États-Unis de rallier l'accord de Paris. Et plus encore, la récente CCC (Commission Citoyenne sur le Climat), qui a montré le bon sens écologique d'un échantillon représentatif de la population française.

Qu'est-ce qu'une déconstruction ?

Pour qualifier le processus en cours, le terme « effondrement » évoque la soudaineté d'un écroulement complet et dont la suite est une disparition. Appliqué à l'Île de Pâques ou à la civilisation inca, il convient parfaitement.

Le terme « crise » est très chargé politiquement. Il y a crise lorsque le monde dans lequel on vit est dépassé mais qu'il n'a pas encore été remplacé par le monde à venir. Voici la définition qu'en a donnée Gramsci :

« Le vieux monde se meurt, le nouveau monde est lent à apparaître, et c'est dans ce clair-obscur que surgissent les monstres. »

Il ne reflète que faiblement la réalité, même sous forme de « crise majeure ».

Le terme « déconstruction » nous vient de Heidegger (1927, Être et Temps) et a trouvé son succès avec Jacques Derrida en 1967 (De la grammatologie), appliqué à l'analyse de textes et de contextes.

En français, le mot « déconstruction » apparaît pour la première fois dans la philosophie française en 1955, sous la plume de G. Granel traduisant le texte de Heidegger « Contribution à la question de l'être ». Granel choisit « déconstruction pour traduire *Abbau* qu'il différencie de « destruction » pour traduire *Zerstreuung*.²⁴

En bref, une « dé-construction » est un terme associant **dé**-struction et re-**construction**.

Appliqué à ce qu'il est convenu d'appeler la « crise » globale (écologique, systémique, climatique), le terme de « déconstruction » paraît mieux convenir : le monde, tel qu'il est, ne sera plus, mais un autre le remplacera *progressivement*.

Sans termes convenables, comment peut-on se représenter la réalité ? C'est ce que les grecs n'ont cessé de faire : créer des mots/concepts, dont beaucoup nous sont encore bien utiles aujourd'hui.

Conclusion

Dans le rapport Meadows de 1972, *The limits to growth*, figuraient une dizaine d'hypothèses se complétant les unes les autres et montrant les différents choix qui se présentaient à l'humanité ainsi que leurs conséquences, à condition que ces choix soient mis en application sans délai.

Un des objectifs du rapport était la recherche de l'équilibre économique, sachant qu'une croissance continue était illusoire.

23 Nous sommes baignés dans un système capitaliste industriel souvent nommé technostucture et qui vaut paradigme culturel : il nous est difficile de concevoir un mode de vie qui ne serait pas axé sur la consommation (promenade du dimanche dans les centres commerciaux, voyages impromptus, confort des sens). Le changement de paradigme, consistant à délaissier la consommation superflue pour une vie davantage centrée sur la qualité des relations, la sobriété et l'effort, n'a pour l'instant touché que très peu d'entre nous. Il fera son chemin, car il est inscrit dans le processus inéluctable en cours

24 Note 1, page 20, Jacques Derrida, une introduction. Marc Goldschmit. La découverte. 2003.

Des choix erronés, des défauts d'action, relatifs à l'exigence écologique, ont fait que 50 ans plus tard la plupart de ces hypothèses sont devenues impraticables. Et puisqu'un équilibre économique est désormais possible, celui-ci se réalisera à un niveau bien plus bas que le niveau actuel, en terme de budget énergétique/habitant.

Déterminer quelle sera la position de la Lune le 1^{er} janvier 2030 à zéro heure ne relève pas de la prophétie. Il suffit de savoir appliquer la mécanique de Newton.

L'humanité, depuis tout ce temps qu'elle a persisté à ignorer les lois physiques qui régissent la biosphère, a perdu de peu en peu de la liberté d'action qui caractérise son espèce.

Aveuglément, elle s'est placée sur une trajectoire dont elle ne pourra dévier qu'en usant des quelques degrés de liberté d'action dont elle dispose encore et qui constituent la part imprévisible de son avenir.

En effet, les choix se sont restreints pour ne pas dire annihilés. Ne restent plus que des *déterminants* (cf. les 9 paramètres ci-dessus). Sans action, la seule et unique trajectoire est celle d'un effondrement touchant l'une après l'autre toutes les régions du monde.

Par des actions judicieuses et convenablement planifiées, cette trajectoire peut encore être considérablement infléchie.

L'avenir se réduit ainsi au seul scénario pertinent possible, celui de la *transition capitaliste* et de la *déconstruction sociale*, seul espoir de reprendre partiellement en main notre destin.

Georges Bazanté, Llivia, juillet 2021.

Bibliographie

Les ouvrages figurant dans les deux pages suivantes sont pour la plupart récents et concernent particulièrement la présente étude.

Suivent 3 pages d'une bibliographie générale portant sur les principes de base de l'écologie et qui pourra aider pour une compréhension plus globale. Il s'agit des périodes glaciaires et de l'holocène ; des GES et de leurs effets ; des sources d'énergie et de matériaux ; de démographie ; d'empreinte écologique et de capacité de charge de la planète ; de systémique et de complexité ; d'économie ; d'histoire de la révolution industrielle ; de philosophie des Lumières ; de psychologie du comportement.

Ce qui suit sont des commentaires et non des résumés des livres.

- L'irremplaçable rapport Meadows et ses mises à jour a fait l'objet d'une reprise par Graham Turner :

2008 : A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality.

2012 : On the Cusp of Global Collapse? Updated Comparison of *The Limits to Growth* with Historical Data

2014 : Is global collapse imminent ?

Le BAU (business as usual) du rapport Meadows, l'un des scénarios étudiés, correspond à la réalité économique relevée jusqu'à la date des études. Autrement dit, rien n'a été fait de réellement efficace depuis 1972, malgré les nombreuses COP (Conference Of Parties), dont la récente COP21 de Paris en 2015 n'a pas produit les effets escomptés.

Turner pense que l'effondrement économique, dû à l'épuisement de la ressource et à la chute des TRE (Taux de Rendement Énergétique), ou encore EROI (Energetic Return On Investment), précédera l'effondrement écologique, caractérisé principalement par un emballement climatique.

- A partir des constats de dépassements de limites, les auteurs étudient les risques systémiques de la mondialisation et les probabilités d'effondrements économique et écologique.

Comment tout peut s'effondrer – Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes, Pablo Servigne et Raphaël Stevens, Anthropocène, Seuil, avril 2015

- Luc Ferry, depuis des années, s'est beaucoup intéressé à l'écologie.

Les 7 écologies : pour une alternative au catastrophisme antimoderne, Luc Ferry, L'observatoire, 2021.

C'est un partisan d'un modernisme qui ignore les lois physiques fondamentales dont celles de l'énergie. Comment un partisan d'un développement technologique et scientifique peut-il dans certains cas appliquer ces lois et dans d'autres les transgresser ?

On peut voir ici une forme sophistiquée de déni de la réalité. La séparation entre littéraires et scientifiques a été telle que la plupart de nos politiques ne possèdent pas les bases élémentaires pour comprendre le problème, ce qui les rend incompétents et très vulnérables aux attaques des lobbies. Il en est hélas de même pour nombre d'écologistes dont le militantisme a le plus souvent trouvé ses racines davantage dans la politique que dans l'écologie. Ce n'est pas le cas en Chine où nombre de députés sont ingénieurs de formation.

- Bill Gates, dans un esprit pragmatique, compte sur l'innovation. Si l'innovation peut ne pas suffire, malgré tout l'homme n'a guère d'autre solution à proposer que celle-là.

Climat : comment éviter un désastre, les solutions actuelles, les innovations nécessaires, Flammarion, 2021.

Si la réduction des émissions est certes souhaitable, c'est le zéro émissions nettes qui doit être atteint. Le monde actuel pourrait se proroger, c'est-à-dire continuer à se développer, à condition que l'innovation mène le jeu. Les pays émergents doivent trouver leur salut dans cette innovation, aussi les pays riches doivent tenir compte de leurs besoins s'ils veulent continuer à être riches.

Ce livre contient des graphiques très représentatifs de la situation.

- Les interactions et rétroactions diverses se produisent aussi dans le domaine de l'extraction des ressources naturelles.

La guerre des métaux rares – la face cachée de la transition énergétique et numérique, Guillaume Pitron, Préface d'Hubert Védrine, LLL, 2019.

Ce domaine est certainement celui où la dimension aporétique de nos actions se fera le plus durement sentir. Rareté énergétique en lien avec la rareté des matériaux.

- La sobriété inévitable qui nous attend pose le problème de la résolution des inégalités.

Le capital au 21^e siècle, Thomas Piketty, Seuil, 2013.

Les fondamentaux économiques sont tels qu'une décroissance ne peut qu'aggraver les inégalités. Par un effet mécanique, le capital se trouve avantagé par rapport aux revenus. Thomas Piketty n'est pas à court de solutions, les politiques vont se trouver très bientôt au cœur du problème des inégalités.

- S'il est un livre qui montre l'interdépendance écologique totale entre humanité et nature, c'est bien celui de Marie-Monique Robin.

La fabrique des pandémies – Préserver la biodiversité, un impératif pour la santé planétaire, Marie-Monique Robin, Cahier libre, 2021.

La totalité des scientifiques qu'elles a interrogés démontrent que la pandémie est la résultante de notre mode de vie anti-écologique.

- Le capitalisme industriel s'est fait phagocyté par l'idéologie néolibérale, entraînant l'aggravation des inégalités.

La grande adaptation – Climat, capitalisme et catastrophe. Anthropocène Seuil. 2016. Romain Felli

- Pour la situation de la France et de ses liens avec celle du monde, on pourra se référer à ce document produit par le Ministère de la Transition écologique.

CGDD, L'environnement en France 2020, Focus ressources naturelles, 241 p.

- Enfin, et soutenant l'ensemble, les données mises à jour régulièrement par le **GIEC** et l'**IPBES** rendent compte dans le plus grand détail de l'état des lieux.

Bibliographie générale

Thermique, physique

Conférence de l'Institut d'Astrophysique de Paris du 6/11/2012 donnée par Valérie Masson-Delmotte (paléoclimatologue, directeur de recherche au CEA - Institut Pierre Simon Laplace, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement)

http://www.canal-u.tv/video/cerimes/variabilite_et_changement_climatique.10457

Evolution de l'atmosphère : http://www2.ac-lyon.fr/etab/colleges/col-42/massenet/aps/site_atmosphere/origine.html

Variations de la quantité d'énergie solaire : Source : André Berger, intervention au Symposium du Collège de France, 12 octobre 2004.

Irréversibilité et instabilité des systèmes complexes. Ilya Prigogine. Prometheus. 1996.

Des parties techniques proviennent de l'excellente conférence <http://www.cerimes.fr/le-catalogue/la-thermodynamique-de-levolution-du-big-bang-aux-sciences-humaines.html> du 5 octobre 2010, donnée par François Roddier, astrophysicien. "Tout évolue : les étoiles, la Terre, les espèces animales et végétales naissent et meurent... Quelles sont les lois de l'évolution ?" Les 4 parties de l'exposé de François Roddier : les lois de la thermodynamique ; l'évolution de l'Univers ; l'évolution darwinienne ; l'évolution de l'humanité ; Seuil ; 2003.

Hubert Reeves et Frédéric Lenoir ; Mal de Terre ;

Conférence de Michel Crucifix ; A-t-on enfin compris la cause des cycles glaciaires-interglaciaires ; 13/02/2018 ; <http://perso.uclouvain.be/michel.crucifix>

Précession des équinoxes <https://www.youtube.com/watch?v=xVcHT6yWM2w>

Histoire climatique de la terre, Jean Braun, 2007, <https://www.youtube.com/watch?v=I6qa6jd2SVA>

Ecologie

Dennis L. Meadows. The limits to growth, a report for the CLUB of ROME's, project on the predicament of mankind. Universe Books NY. 1972.

Gérard Orthlieb ; Les aventures de Candide en écologie ; Éditions des écrivains ; 2002.

Dominique Glocheux ; Sauvez cette planète, mode d'emploi ; Marabout ; 2004.

Nicolas Hulot. Le syndrome du Titanic. 2004. calmann-lévy.

J.P. Dupuy, *Pour un catastrophisme éclairé*, Ed. Seuil, Coll. "Points essais", 2004, [ISBN 978-2-02-066046-4](https://www.isbn.fr/978-2-02-066046-4).

Les limites à la croissance (dans un monde fini) Le rapport Meadows 30 après ; Dennis Meadows, Donella Meadows, Jorgen Randers ; l'écopoche ; 2004-2017.

Jared Diamond. Effondrement – Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie. NRF. 2005.

Mark Lynas. Marée montante. Au diable Vauvert. 2005.

Sylvain Darnil et Mathieu Le Roux; 80 hommes pour changer le monde – Entreprendre pour la planète; Le livre de poche 30697 ; 2005.

Nicolas Hulot ; Pour un pacte écologique ; Calmann-lévy ; 2006.

James Lovelock. La revanche de Gaïa ; Flammarion essais 2007 ; le désespoir de l'auteur, devenu vieux, de l'hypothèse Gaïa.

Lester R. Brown. Le plan B Pour un pacte écologique mondial ; Calmann-lévy 2007 ; un sérieux et rare chiffrage de solutions concrètes. Le coût de solutions efficaces serait inférieur à celui des budgets militaires.

Al Gore. Une vérité qui dérange. Éditions de la Martinière. 2007.

Franck Courchamp. L'écologie pour les nuls ; FIRST 2009 ; pour bien comprendre les enjeux relatifs à la biodiversité.

Nicolas Hulot. Le syndrome du Titanic 2. 2009. calmann-lévy.

Hervé Kempf, Pour sauver la planète, sortez du capitalisme, Seuil, 2009.

Joseph Tainter; L'effondrement des sociétés complexes; 2009

OCDE. l'opinion publique et l'énergie nucléaire. 2010.

On the cusp of Global Collapse, Updated Comparison of The *Limits to Growth* with Historical Data. 21/2/2012, connu plus communément comme "rapport au Club de Rome".

Comment tout peut s'effondrer, Pablo Servigne et Raphaël Stevens, Seuil, 2015.

Pape François ; Laudato Si' Encyclique sur la sauvegarde de la maison commune ; Bayard ; 2015.

La grande adaptation. Climat, capitalisme et catastrophe, Romain Felli. Anthropocène, Seuil. 2016.

Dr Laurent Chevallier, Claude Albert ; Alors, on mange quoi ? Le guide du bon sans toxique ; Fayard ; 2016.

Timothy Morton ; La pensée écologique ; Zulma essais ; 2018.

2018 UEO Limites planétaires et risques d'effondrement; Université du Mans

Fred Vargas; L'humanité en péril ; De Noyelles ; 2019.

Lynn T. White Jr ; Les racines historiques de notre crise écologique ; puf ; 1967-2019.

Réchauffement climatique, bonnes questions et vraies réponses. Sauvons le climat. 2019.

GIEC

2014 AR5 Changement climatique Incidence adaptation et vulnérabilité

2014 Mitigation of CC Working Group III Contribution to the AR5 1454 p.

2018 IPCC (GIEC) Global warming of 1,5 °C, summary for Policymakers, 6 oct **2018**.

GIEC, 2018 : Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté

2019 IPCC SRCCL Special Report on CC and Land

2019 IPCC SROCC Special Report on Oceans and Cryosphere, 25 oct **2019**

Systemique, économie, épistémologie, technique

Edward Bernays, Propaganda, *Comment manipuler l'opinion en démocratie* (trad. Oristelle Bonis, préf. [Normand Baillargeon](#)), Zones / La Découverte, 2007 (1^{re} éd. 1928), 144 p

Edmund Husserl. La crise des sciences européennes et la philosophie transcendantale. (1934-1937) 1976. Gallimard.

Le concept de système politique, Jean-Louis Vullierme, 1989, PUF.

Faut-il chercher aux causes une raison? L'explication causale dans les sciences humaines. Ouvrage collectif dirigé par Robert Franck, université de Louvain. Institut interdisciplinaire d'études épistémologique. VRIN 1994. <https://www.researchgate.net/publication/305913064>

Politique et complexité, Niklas Luhmann, Humanité, Les éditions du Cerf, 1999.

La théorie du Système Général – Théorie de la modélisation, Jean-Louis Le Moigne, Collection Les classiques du réseau Intelligence et Complexité, 1977, mise à jour 2006. www.mcxapc.org

Valérie Charoles, Le libéralisme contre le capitalisme, Fayard, 2006.

Epistémologie pour une marquise, Pascal ENGEL, Ithaque 2011

CHABOT Pascal, *Global burn-out*, PUF Perspectives critiques, 2013.

Piketty, Thomas. Le Capital au XXIeme Siecle, Editions du Seuil. 2013.

La technique, GF Flammarion, Corpus, recueil de textes, 2018.

Documentations diverses

Emmanuel Prados, Comprendre les phénomènes d'effondrement de sociétés, Quel avenir pour la nôtre ?

<https://www.youtube.com/watch?v=1dgjleR5DBY>

Cyril Dion, L'effondrement est déjà là, <https://www.youtube.com/watch?v=Gtw3VfBRzpk>

Yves Cochet, Effondrement et écologie, https://www.youtube.com/watch?v=3NCrj_fa2hU

Sites à consulter : <https://negawatt.org> ; <https://jancovici.com> ; www.ademe.fr ;

GIEC : www.IPCC.ch ; IPBES : www.ipbes.net

Pollutions et contaminations : www.samuel-bollendorff.com

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Strategie_Nationale_2-17_Mo-2-2.pdf

Institut Pierre Simon Laplace (recherches en sciences de l'environnement) : <https://www.ipsl.fr/fr>

Connaissance des énergies. www.connaissancedesenergies.org

Sauvons le climat. www.sauvonsleclimat.org

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-05/datalab-46-chiffres-cles-du-climat-edition-2019-novembre2018.pdf>

www.hautconseilclimat.fr

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-des-energies-renouvelables-edition-2019>

Arthur Keller. <https://www.youtube.com/watch?v=kLzNPEjHHb8> (les quatre imaginaires face à la dynamique des systèmes).