

L'écologie humaine du dépassement : Pourquoi une "correction démographique" majeure est inévitable

 [mdpi.com/2673-4060/4/3/32](https://doi.org/10.3390/2673-4060/4/3/32)

School of Community and Regional Planning, Faculty of Applied Science, The University of British Columbia, Vancouver, BC V6T 1Z2, Canada

Reçu : 15 juin 2023 / Révisé : 7 août 2023 / Accepté : 8 août 2023 /

Publié : 11 août 2023

Résumé

L'Homo sapiens a évolué pour se reproduire de manière exponentielle, s'étendre géographiquement et consommer toutes les ressources disponibles. Pendant la majeure partie de l'histoire de l'évolution de l'humanité, ces tendances expansionnistes ont été contrées par des rétroactions négatives. Cependant, la révolution scientifique et l'utilisation des combustibles fossiles ont réduit de nombreuses formes de rétroactions négatives, nous permettant de réaliser pleinement notre potentiel de croissance exponentielle. Cette capacité naturelle est renforcée par l'économie néolibérale axée sur la croissance - la nature complète la nature. Problème : l'entreprise humaine est une "structure dissipative" et un sous-système de l'écosphère - elle ne peut croître et se maintenir qu'en consommant et en dissipant l'énergie et les ressources disponibles extraites de son système hôte, l'écosphère, et en rejetant ses déchets dans son hôte. L'augmentation de la population de un à huit milliards d'habitants et la multiplication par plus de 100 du PRP réel en seulement deux siècles sur une planète finie ont donc propulsé la société techno-industrielle moderne dans un état de dépassement avancé. Nous consommons et polluons la base biophysique de notre propre existence. Le changement climatique est le symptôme le plus connu du dépassement, mais les "solutions" courantes vont en fait accélérer le dérèglement climatique et aggraver le dépassement. L'humanité présente la dynamique caractéristique d'un cycle unique d'explosion démographique. L'économie mondiale se contractera inévitablement et l'humanité subira une "correction" démographique majeure au cours de ce siècle.

Mots-clés :

Dépassement ; exceptionnalisme ; nature humaine ; obsolescence cognitive ; croissance exponentielle ; stratégie "K" ; surpopulation ; surconsommation ; changement climatique ; transition énergétique ; structure dissipative ; effondrement de la civilisation ; correction de la population

1. Introduction et objectif

Cet article examine l'énigme de la population humaine sous l'angle de l'écologie évolutive humaine et du rôle de l'énergie disponible. Mes prémisses de départ sont les suivantes :

(1) La société techno-industrielle moderne (MTI) est dans un état de dépassement écologique avancé (pour une excellente introduction au dépassement, voir le classique de William Catton, Overshoot [1]). Le dépassement signifie que même avec les normes matérielles mondiales moyennes (inadéquates) actuelles, la population humaine consomme même les ressources renouvelables et autoproductrices

plus vite que les écosystèmes ne peuvent se régénérer et produit des déchets entropiques en excès par rapport à la capacité des écosystèmes à se régénérer.

la capacité d'assimilation de l'écosphère [2,3]. En bref, l'humanité a déjà dépassé la capacité de charge à long terme de la terre. (2) La multiplication par huit du nombre d'êtres humains et la multiplication par plus de 100 du produit mondial brut réel au cours des deux derniers siècles, alimentées par des combustibles fossiles, sont des anomalies ; elles constituent également le phénomène écologique le plus important à l'échelle mondiale en 250 000 ans d'histoire de l'évolution humaine, avec des implications majeures pour la vie sur Terre. (3) H. sapiens est une espèce en évolution, un produit de la sélection naturelle qui reste soumis aux mêmes lois et forces naturelles affectant l'évolution de tous les organismes vivants [4,5]. (4) Les efforts déployés pour remédier à l'anomalie démographique humaine et à la crise écologique qui en résulte sans tenter de surmonter les comportements humains innés qui sont devenus inadaptés sont terriblement incomplets et voués à l'échec.

Dans ce cadre, l'objectif général du document est de démontrer que, sur sa trajectoire actuelle et indépendamment des transitions démographiques et des énergies dites renouvelables tant vantées, le nombre d'êtres humains et l'ampleur de l'activité économique sapent l'intégrité fonctionnelle de l'écosphère et compromettent les fonctions essentielles de maintien de la vie. Si l'on n'y prend garde, ces tendances pourraient bien précipiter à la fois la contraction de l'économie mondiale et une "correction" significative de la population humaine - c'est-à-dire l'effondrement de la civilisation - plus tard dans ce siècle.

2. La nature et l'alimentation du dépassement

La nature et l'éducation contribuent toutes deux à la crise du dépassement, mais la composante naturelle est le plus souvent ignorée. En effet, la plupart des membres de la société MTI ne se considèrent pas comme des produits de l'évolution, c'est-à-dire de la sélection naturelle darwinienne. Nombre d'entre eux n'apprécient même pas qu'on leur rappelle qu'ils sont des animaux.

Ironiquement, une partie de la raison de ce déni réside dans l'extraordinaire succès évolutif de l'humanité - nous sommes l'espèce dominante, et certainement la plus nombreuse, des grands mammifères sur Terre. Comme ce succès est en grande partie attribuable à l'abondance des ressources rendues disponibles par l'amélioration de la technologie, l'évolution culturelle reçoit toute l'attention qu'elle mérite de la part de l'humanité.

crédit. Cependant, la biologie fondamentale est à la base de toutes les cultures humaines - même la capacité d'organisation socioculturelle est en soi un trait évolué.

Trois capacités/prédispositions innées que les humains partagent avec toutes les autres espèces sont particulièrement pertinentes dans le contexte actuel. À moins d'être limitées par une rétroaction négative, les populations d'H. sapiens (1) sont capables d'une croissance exponentielle (géométrique), (2) ont tendance à consommer toutes les ressources disponibles (un trait hautement adaptatif en l'absence de réfrigération ou d'autres techniques de conservation, ou face à la concurrence intense des tribus voisines), et (3) s'étendront pour occuper tous les habitats accessibles et appropriés. Il

est important de noter que, dans le cas de l'homme, tant la "disponibilité" (des ressources) que l'"adéquation" (de l'habitat) sont constamment améliorées par la technologie, ce qui amplifie les prédispositions génétiques sous-jacentes.

Nous reviendrons sur la dynamique des populations dans une section ultérieure. Considérons d'abord l'industrie

la demande insatiable de ressources et d'habitat qui caractérise l'humanité. Grâce à l'amélioration des technologies d'exploitation, H. sapiens épuise les mers et les forêts, a des problèmes de santé et de sécurité.

En outre, l'homme a détruit un tiers des terres arables et des paysages, exploité les gisements les plus riches de nombreux minerais et métaux et, en l'espace de quelques siècles seulement, épuisé la moitié des énormes réserves d'énergie fossile qui ont mis des dizaines de millions d'années à s'accumuler. La dépendance de la société à l'égard des combustibles fossiles est l'une des raisons pour lesquelles le courant principal du MTI considère qu'un océan Arctique libre de glace n'est pas tant une catastrophe climatique que l'ouverture de nouvelles routes commerciales et l'exposition du bassin arctique à l'exploitation du pétrole et du gaz. Entre-temps, après avoir épuisé les sources les plus riches en ressources minérales des terres arides, certaines industries et certains pays se préparent à exploiter les fonds marins - nous irons jusqu'au fond de notre baril terrestre ! [6]. D'autres encore ont jeté leur dévolu sur les richesses minérales présumées des astéroïdes ou de la lune, prochains gisements de ressources à exploiter [7].

Ce dernier point fait également allusion au troisième trait crucial mentionné plus haut, l'expansionnisme spatial de l'humanité. Pouvez-vous imaginer une espèce écologiquement comparable dont l'aire de répartition géographique est, ne serait-ce que de loin, aussi étendue que celle de *H. sapiens* ? Indice : il n'y en a pas - poussés par notre impératif expansionniste naturel, les humains ont colonisé la planète entière - il n'y a pas de parcelle significative de paysage habitable par l'homme sur Terre que nous n'ayons pas depuis longtemps revendiquée comme étant la nôtre. Nous occupons même certains "habitats" qui sont fondamentalement hostiles à l'existence humaine (pensez aux "stations de terrain de l'Antarctique"). Pendant ce temps, divers entrepreneurs et Les rêveurs humanistes voudraient que nous colonisions la Lune ou Mars, non seulement pour leurs ressources potentielles, mais aussi pour éviter l'extinction de *H. sapiens* si les systèmes de survie terrestres venaient à s'effondrer sous le poids de la demande humaine.

On pourrait s'attendre à ce qu'une espèce sociale intelligente conçoive des dérogations culturelles pour freiner les tendances expansionnistes potentiellement dangereuses sur une planète finie. Il est plutôt remarquable de constater que c'est le contraire qui se produit. L'une des principales causes du dépassement est la croyance de la société MTI dans l'exceptionnalisme humain, l'idée que *H. sapiens* est fondamentalement différent des autres espèces. Les exceptionnalistes postulent que les comportements individuels et sociaux de l'homme sont déterminés par la culture plutôt que par les gènes, que l'ingéniosité humaine peut surmonter les pénuries de ressources et que nous ne sommes pas liés par les lois et les limites de la nature. Le paradigme économique correspondant, l'économie néolibérale, qui sous-tend actuellement la politique de l'Union européenne en matière de droits de l'homme et de droits des minorités, a été adopté par la Commission européenne.

Le concept de "développement" mondial suppose implicitement que l'économie et l'"environnement" sont des systèmes distincts, de sorte que la première, propulsée par des progrès technologiques continus, peut croître indéfiniment, sans être limitée par le second. L'éducation hubristique renforce sans vergogne la nature expansionniste.

Il est évident que l'exceptionnalisme humain est une construction profondément défectueuse - une grande illusion culturelle - qui a conduit les sociétés MTI dans un

piège écologique potentiellement fatal. Si la culture apporte des dimensions uniques à la trajectoire évolutive de l'humanité, elle n'exempte pas les humains des mêmes principes fondamentaux qui régissent l'évolution des formes de vie non humaines. Le conflit entre l'illusion de masse et la réalité biophysique est de plus en plus évident dans la déstabilisation de l'écosphère induite par l'échelle excessive de l'entreprise humaine. Personne ne devrait être surpris - comme l'a constamment affirmé l'économiste écologique Herman Daly - de constater que loin de flotter dans un splendide isolement, "l'économie humaine est un sous-système de croissance entièrement dépendant de l'écosphère qui ne croît pas" [8,9].

Considérons les implications de l'intuition de Daly pour la perte de biodiversité, l'un des symptômes les plus urgents du dépassement. *H. sapiens* n'est qu'une des 8,7 millions d'espèces animales et végétales estimées et des millions d'autres espèces de bactéries, de champignons et d'autres microbes. La plupart de ces formes de vie dépendent d'une infime partie de l'énergie solaire "fixée" sous forme de biomasse par la photosynthèse des plantes vertes. Les plantes ont besoin de la moitié de cette "production primaire brute" pour leur propre croissance et reproduction, de sorte que seul le reste, appelé "production primaire nette", est disponible pour d'autres formes de vie. C'est ce reste qui permet à toutes les formes de vie animale, y compris l'homme, de survivre, ce qui signifie que nous sommes en concurrence avec des millions d'autres espèces pour une part d'un flux continu, mais limité, de biomasse à travers l'écosphère.

L'homme a bien sûr une longueur d'avance technologique sur la concurrence. Notre grande intelligence, nos techniques de récolte assistées par la technologie et notre capacité à transformer des paysages entiers pour répondre à nos besoins, grâce à l'énergie fossile, signifient que, depuis des siècles, l'homme a augmenté ses prélèvements sur le flux annuel mondial d'énergie de la biomasse [10]. Fowler et Hobbs se demandent même si, en termes d'éco-variables communes, l'homme contemporain est encore "écologiquement normal" [11]. Leurs données montrent qu'en termes d'utilisation d'énergie (et donc d'émissions de dioxyde de carbone), de consommation de biomasse et de divers autres indicateurs écologiques significatifs, les exigences humaines à l'égard des écosystèmes de soutien dépassent de plusieurs ordres de grandeur celles d'espèces similaires. Par exemple, la consommation humaine de biomasse dépasse de 100 fois les limites supérieures de confiance à 95 % pour l'ingestion de biomasse par 95 autres espèces de mammifères non humains ; comme indiqué précédemment, l'aire de répartition géographique de l'humanité est inégalée, dépassant de dix fois la limite supérieure de confiance à 95 % pour l'aire de répartition de 523 autres espèces de mammifères. Conclusion : Comme les autres organismes vivants, *H. sapiens* a évolué biologiquement pour se maximiser. Cependant, combinées à nos prouesses culturelles uniques, les capacités de croissance de l'homme "...dépassent largement celles de toutes les autres espèces, comme le démontre notre domination de la biosphère..." [12].

Les conséquences pour les espèces animales non humaines sont catastrophiques, pour des raisons qui devraient être évidentes. Non seulement nous surexploisons généralement les espèces "ressources" ciblées, mais toute la biomasse que la tribu humaine prélève pour ses propres besoins est irrémédiablement indisponible pour les organismes concurrents. La supériorité de l'humanité en matière de recherche de nourriture signifie que les espèces "compétitives" ne sont plus disponibles.

le "déplacement" d'autres espèces de leurs sources de nourriture et de leurs habitats. En conséquence, les "autres espèces" déclinent ou meurent. Alors que *H. sapiens* ne représente que 0,01 % de la biomasse terrestre totale, l'expansion de l'entreprise humaine a éliminé 83 % des espèces sauvages et 50 % de la biomasse végétale naturelle. Alors qu'elle ne représentait qu'une fraction de 1 % il y a 10 000 ans, l'humanité constitue aujourd'hui 32 % et le bétail domestique 64 % de la biomasse mammifère de la planète, qui s'est considérablement accrue ; toutes les espèces sauvages combinées ne représentent que 4 % [13]. De même, la volaille

domestique représente aujourd'hui 70 % de la biomasse aviaire restante de la planète [13,14] et la pêche commerciale épuise les océans au détriment des mammifères marins et des oiseaux qui dépendent des poissons et dont le nombre diminue rapidement. Les oiseaux de mer constituent le groupe d'oiseaux le plus menacé, avec un déclin de 70 % de la population au niveau communautaire entre 1950 et 2010 [15]. Les populations restantes des espèces de vertébrés surveillées ont également diminué d'environ 70 % au cours des cinquante dernières années [16].

Ces données et d'autres suggèrent que notre espèce est devenue, directement ou indirectement, le macro-consommateur dominant dans tous les grands écosystèmes terrestres et marins accessibles de la planète.

de la planète. En effet, H. sapiens pourrait bien être le vertébré carnivore et herbivore le plus vorace qui ait jamais marché sur la Terre, mais au détriment de milliers d'autres espèces. La croissance de l'entreprise humaine (population et économie) sur une planète finie est le principal facteur contribuant à l'appauvrissement de la biodiversité [17]. La réduction des populations humaines presque partout est nécessaire pour préserver les dernières parcelles de vie non humaine sur Terre [18].

Bien entendu, la perte de biodiversité n'est qu'un symptôme majeur du dépassement. Le dépassement est un méta-problème, la cause du changement climatique (y compris la désertification, l'affaiblissement des océans, l'érosion de la biodiversité, etc.

), la dégradation des sols, la déforestation tropicale, l'acidification des océans, l'effondrement des pêcheries, l'affaissement des nappes phréatiques, les pénuries alimentaires naissantes, la contamination des chaînes alimentaires par le plastique et d'autres produits chimiques, la chute du nombre de spermatozoïdes, l'augmentation des taux de cancer, les pandémies, la pollution de tout, etc. Pratiquement tous les soi-disant problèmes environnementaux sont des co-symptômes d'un dépassement. Nous, les humains, épuisons et contaminons la base biophysique de notre propre existence.

Ce faisant, l'entreprise humaine est également devenue la plus importante des forces géologiques contemporaines - les hommes déplacent jusqu'à 24 fois plus de matériaux que tous les processus géologiques naturels combinés [19,20]. Il n'est donc pas étonnant que le poids des matériaux fabriqués par l'homme dépasse aujourd'hui celui de la biomasse vivante sur Terre (~1,1 terratonne) [21].

Bienvenue dans l'Anthropocène [22,23].

Derrière ces réalités biophysiques se cache plus qu'une pointe d'ironie. Les économistes et les techno-optimistes hallucinent que l'économie se "dématérialise" ou qu'elle continue à se "dématérialiser".

Le "découplage" du monde matériel sur la base d'arguments aussi simplistes que la diminution du ratio des émissions de carbone ou de l'utilisation des ressources par unité de PIB [24]. Les données ci-dessus mettent en évidence le fait que, en termes de ce qui compte vraiment pour la nature - l'expansion de l'humanité -, les émissions de gaz à effet de serre et l'utilisation des ressources sont en train de diminuer.

Les humains sont en fait en train de devenir une composante intégrale de l'écosphère, de plus en plus importante et destructrice [25]. En effet, l'entreprise humaine est en train de subsumer l'écosphère.

Néanmoins, le mythe étrangement absurde du découplage persiste. Les hommes politiques s'appuient sur la technologie - l'efficacité et la "dématérialisation" - pour affirmer qu'il n'y a pas de conflit inhérent entre la croissance continue de l'économie et "l'environnement". Ils font preuve de naïveté ou d'ignorance, mais cette affirmation encourage le public à partager l'une des illusions les plus toxiques de la panoplie des illusions de l'humanité.

Pourquoi personne n'écoute-t-il ?

À la lumière des preuves tangibles qui s'accumulent, il est légitime de se demander pourquoi les grands médias ne parlent pas du dépassement et pourquoi la plupart des gens ordinaires n'en ont jamais entendu parler. Une grande partie de la raison peut être

un simple déni, mais une partie du problème pourrait bien résider dans l'incompétence cognitive. H. sapiens a évolué à une époque plus simple, où les changements étaient plus lents et où les défis posés au système nerveux central en évolution étaient relativement limités. Nous fonctionnons avec des cerveaux essentiellement paléolithiques : les humains modernes sont terriblement myopes [26], ont tendance à penser en termes de relations de cause à effet immédiates et à répondre aux problèmes de manière simpliste et réductionniste (pensez à la "dématérialisation"). Ce mode cognitif était adéquat à l'époque préagricole. Cependant, au cours des derniers siècles, l'évolution culturelle (par exemple, l'émergence de cultures à plusieurs niveaux, d'institutions mondiales et de technologies quasi-magiques)

a dépassé la bioévolution [27,28]. On peut dire que notre cerveau n'est pas adapté au rythme du changement et à la complexité croissante de l'Anthropocène créé par l'homme - nous nous sommes rendus obsolètes sur le plan cognitif [29].

L'exemple le plus évident est sans doute la fixation mondiale sur le changement climatique en tant que problème de santé publique.

menace existentielle à laquelle la civilisation est confrontée. Les médias peuvent être temporairement détournés par la récente pandémie, les famines régionales, la crise croissante des réfugiés ou la guerre russo-ukrainienne, mais l'accent est toujours mis sur une question isolée à la fois. Il est rare que les médias, même les analystes sérieux, et certainement pas la plupart des hommes politiques, fassent le lien entre ces problèmes et une racine commune en voie de dépassement. Même le terme de polycrise (plusieurs problèmes parallèles liés) n'est pas tout à fait approprié. Les spécialistes de l'ITM ne comprennent tout simplement pas la complexité, ni les décalages, les seuils et les comportements imprévisibles et discontinus des systèmes complexes qui se chevauchent et qui sont soumis au stress du dépassement [30]. Ce point est d'une importance cruciale, ne serait-ce que parce que, si aucun symptôme majeur du dépassement ne peut être traité de manière adéquate indépendamment des autres, le fait de s'attaquer directement au dépassement permettrait de réduire simultanément tous les symptômes importants.

3. Le lien avec la population

"L'esprit humain sert le succès de l'évolution, pas la vérité. Penser autrement revient à ressusciter l'erreur pré-darwinienne selon laquelle les humains sont différents de tous les autres animaux" (John Gray, [31]).

Ce qui nous ramène à l'énigme de la population. En termes simples, le dépassement résulte d'un trop grand nombre de personnes qui consomment et polluent trop. La cause physique immédiate est l'excès de production économique (c'est-à-dire la consommation de ressources et la production de déchets), mais la production est elle-même déterminée par l'augmentation des revenus et la croissance démographique. La plupart des gens ont tendance à dépenser/consommer jusqu'à la limite imposée par leurs revenus discrétionnaires (et, depuis l'introduction du crédit facile, souvent bien au-delà). Les pays et les populations à haut revenu sont donc responsables des trois quarts de l'excès de consommation matérielle et de pollution à ce jour [32]. Même en 2021, "les 10 % d'émetteurs les plus importants étaient responsables de près de la moitié des émissions de gaz à effet de serre".

Les émissions de CO₂ liées à l'énergie... contre seulement 0,2 % pour les 10 % les plus pauvres" [33]. Toutefois, au cours des dernières décennies, l'augmentation progressive de l'empreinte écologique (EE) de l'humanité basée sur la consommation et des émissions de carbone a été davantage due à la croissance démographique qu'à l'augmentation des revenus et de la consommation dans tous les quartiles de revenus.

En effet, la croissance de la population a représenté ~80% de l'augmentation de l'EF humaine totale.

de plus que ce qui se serait produit si les populations étaient restées constantes alors que les revenus augmentaient [34,35].

À cet égard, il convient de noter qu'en 2023, environ quatre milliards de personnes (la moitié de la famille humaine) résideront dans des pays à revenu moyen inférieur et à faible revenu, c'est-à-dire dans les pays où les taux de croissance démographique sont les plus élevés et dont les habitants n'ont pas encore satisfait leurs besoins matériels. La combinaison de la croissance démographique, de la demande latente massive et de l'augmentation du PIB/habitant - cette dernière étant pleinement justifiée - représente un énorme potentiel d'augmentation des besoins matériels futurs.

La consommation et la pollution mondiales posent un double défi à l'intégrité de l'écosphère sur une planète déjà en dépassement, et soulignent - assez tardivement - la nécessité d'une plus grande équité dans l'accès aux ressources pour les peuples du monde.

Ces données et tendances devraient également mettre en évidence le fait que toute approche globale visant à harmoniser l'entreprise humaine avec l'écosphère doit inclure la planification démographique. Néanmoins, jusqu'à récemment, la question de la population était exclue même dans les universités, principalement pour des raisons religieuses/culturelles/humanistes ou pour des accusations souvent fallacieuses selon lesquelles les analystes étaient implicitement racistes [36,37]. Alors que les coûts croissants des conditions météorologiques extrêmes, de la perte de biodiversité, de la dégradation des sols, des incendies, des famines régionales, des pénuries d'énergie, de la pollution, etc., touchent de plus en plus de personnes, les avantages évidents d'une réduction du nombre d'êtres humains [38] font enfin tomber le tabou de la population. Bien qu'il soit de plus en plus important que les analystes politiques et les hommes politiques comprennent parfaitement ce qu'est la "population", ils n'obtiendront pas une image complète de la part de la plupart des démographes traditionnels. Curieusement, bien qu'ils se concentrent sur la dynamique des populations, les démographes font peu référence aux éléments clés de la biologie des populations ou de l'économie sociale. les influences environnementales. La plupart des projections de population humaine sont basées sur des facteurs purement démographiques - population de base, répartition par âge/sexe, fécondité par âge, taux de mortalité et migration (le cas échéant) -, c'est-à-dire qu'elles sont réalisées dans un vide contextuel. En outre, des données erronées peuvent fausser les résultats. Jane O'Sullivan, analyste de la population, affirme que les hypothèses erronées du modèle démographique de l'ONU [39,40] et même de celui du consortium Earth4All [41], placent leurs projections "fermement dans le domaine du conte de fées" [42,43]. Les Nations unies prévoient que la population humaine atteindra un pic d'environ 10,4 milliards d'individus vers la fin du siècle. La projection "Too Little Too Late" d'Earth4All prévoit un pic d'environ 8,7 milliards au début des années 2050 ; son estimation "Giant Leap" plafonne à environ 8,4 milliards au début des années 2040. Même avec des hypothèses démographiques raisonnables, les résultats du modèle ne seront valables que si tous les facteurs exogènes essentiels à la santé et à la sécurité de la population peuvent être maintenus tout au long de la période de projection. Cette hypothèse est simpliste et irréaliste : la population est dans un état de dépassement avancé qui érode dangereusement la capacité de charge de l'humanité. Les climatologues, les écologistes, les environnementalistes et même certains démographes [44] tirent aujourd'hui la sonnette d'alarme face aux pressions démographiques croissantes, affirmant même que nous nous porterions mieux si nous étions moins nombreux [38].

Les racines évolutives du problème de la population

Tout citoyen concerné devrait comprendre les bases de la dynamique des populations humaines. Tout d'abord, comme indiqué au début, les populations humaines, comme celles de toutes les autres espèces, sont capables d'une croissance exponentielle (ou "géométrique") dans des conditions environnementales favorables. Une population qui croît de manière exponentielle à un taux fixe aura un temps de doublement constant. Par exemple, la population humaine a atteint son taux de croissance maximal de 2,2 % par an au début des années 1960, alors que la population mondiale était d'environ 3,2 milliards d'habitants ; si ce taux avait été maintenu, la population aurait continué à doubler tous les 32 ans. En l'état actuel des choses, le taux de fécondité moyen a

baissé, de sorte que la population a augmenté seulement" 2,5 fois en 60 ans.

La croissance exponentielle est une forme de rétroaction positive où chaque augmentation de la population s'ajoute à la base reproductive, tout comme les intérêts annuels s'ajoutent au capital d'un compte bancaire. Cependant, dans des conditions naturelles, la plupart des espèces (y compris l'homme) réalisent rarement leur plein potentiel reproductif. La croissance par rétroaction positive est contrecarrée par diverses formes de rétroaction négative - maladies, pénuries de nourriture, concurrents hostiles, etc.

Les populations naturelles fluctuent généralement autour d'une moyenne à long terme. Les effectifs augmentent lorsque les conditions sont favorables et diminuent lorsque les conditions changent pour le pire, souvent à cause de la population gonflée elle-même - les maladies se propagent facilement et la famine peut être causée par des densités de population excessives.

Les biologistes évolutionnistes reconnaissent que différentes espèces ont développé des stratégies de reproduction différentes. L'homme est l'archétype du stratège "K" : les espèces stratégiques "K" sont généralement de grands organismes à longue durée de vie, avec des taux de reproduction relativement faibles, de longues périodes de gestation, des soins parentaux intensifs et de faibles taux de mortalité infantile. À l'autre extrémité du spectre, on trouve les stratèges "r", qui sont généralement des organismes plus petits et à courte durée de vie, avec des cycles de vie courts, une fécondité ("r") très élevée, peu d'investissement parental et des taux de mortalité élevés chez la progéniture.

La continuité de l'espèce dépend de la survie d'un pourcentage infime d'un très grand nombre de descendants. Les stratèges K sont le plus souvent adaptés à des habitats relativement stables où, en raison de leur taux de survie élevé, ils ont tendance à se heurter à la capacité de charge locale ("K") [45]. La capacité de charge est la population maximale moyenne viable pour un habitat donné ; "K" représente donc l'équilibre fluctuant établi entre le potentiel de croissance géométrique de l'espèce et diverses rétroactions négatives (par exemple, pénuries de nourriture et d'eau et limitations spatiales) qui interviennent lorsque les conditions se détériorent ou qu'un nombre excessif d'individus exerce une pression sur l'habitat. Cette dynamique est à l'origine de l'inquiétude de Malthus, qui craignait que le potentiel de croissance de la population ne soit toujours supérieur à l'offre de nourriture.

Pourquoi cette question est-elle à nouveau importante aujourd'hui ? Comme nous l'avons indiqué au début, d'un point de vue anatomique, l'homme moderne existe depuis environ 250 000 ans. Pendant la majeure partie de cette période, la courbe de croissance de la population a été essentiellement plate. Il y a eu une augmentation globale à peine détectable lorsque *H. sapiens* s'est répandu d'Afrique sur le reste de la planète au cours des 50 derniers millénaires, et une modeste augmentation avec l'adoption de l'agriculture il y a 10 millénaires, mais pour l'essentiel, les populations humaines largement dispersées ont historiquement fluctué à proximité de leurs capacités de charge locales. Supprimée par une rétroaction négative, il a fallu 99,9 % de l'histoire de l'humanité pour que la population mondiale atteigne un milliard d'habitants au début des années 1800.

Avec les révolutions scientifique et industrielle, tout a changé. En particulier, l'amélioration de la santé publique a considérablement réduit les taux de mortalité et l'utilisation accrue des technologies à base de combustibles fossiles a augmenté régulièrement la disponibilité de la nourriture [46] et a fourni les moyens d'accéder à toutes les autres ressources nécessaires à la croissance de l'entreprise humaine. En seulement 200 ans ($1/1250$ e temps qu'il a fallu pour atteindre le premier milliard), la population humaine est passée à sept milliards en 2011 et a atteint huit milliards seulement 11 ans plus tard, en novembre 2022.

Pendant ce temps, la demande matérielle de l'homme sur l'écosphère a augmenté de plus de deux ordres de grandeur, avec une multiplication par plus de 100 du produit mondial brut (PMB) réel [47]. Ironiquement, seules huit générations d'humains sur 10 000 ont vécu cette période la plus brève de l'histoire de l'évolution humaine. Pourtant, la société MTI d'aujourd'hui considère cette poussée de croissance tout à fait anormale comme la norme et fait tout ce qui est concevable pour la maintenir (figure 1).

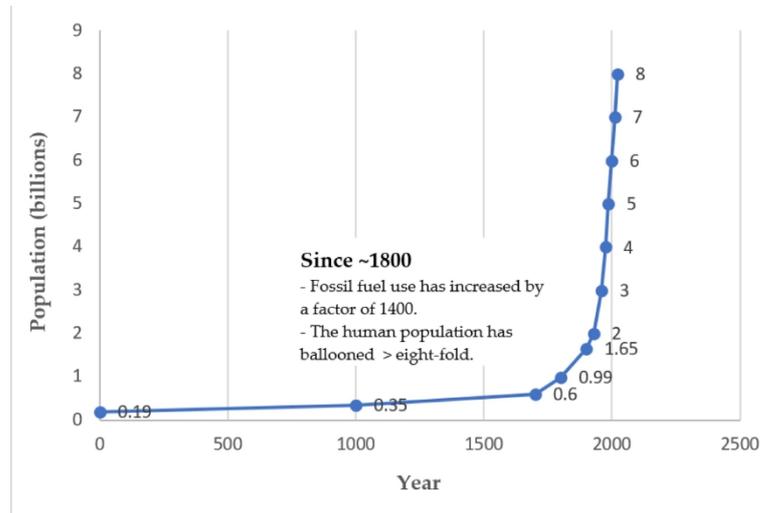


Figure 1. Le boom anormal de la population humaine alimenté par les fossiles.

4. Sur les gradients d'énergie : H. sapiens, une structure dissipative

"Nous utilisons 30 % de toute l'énergie aux États-Unis. Ce n'est pas mauvais, c'est bon. Cela signifie que nous sommes le peuple le plus riche et le plus fort du monde et que nous avons le niveau de vie le plus élevé du monde. C'est pourquoi nous avons besoin de tant d'énergie, et espérons qu'il en sera toujours ainsi" (Richard Nixon, président des États-Unis, novembre 1973 [48]).

L'histoire de la croissance de la population humaine met en évidence un facteur clé pour comprendre la crise écologique, un facteur généralement ignoré par les économistes et les démographes : la bombe démographique a été mise en place pendant la révolution industrielle et a explosé au XIXe siècle avec l'utilisation croissante de matières organiques fossilisées qui ont mis des centaines de millions d'années à s'accumuler. La création de richesse et les technologies rendues possibles par les combustibles fossiles (CF)

-y compris les engrais et les pesticides - ont réduit ou éliminé diverses formes de rétroaction négative historiquement importantes, permettant à la population humaine mondiale de croître de manière exponentielle pour la toute première fois. L'explosion de l'entreprise humaine, alimentée par les énergies fossiles, a déclenché la période de dégradation écologique mondiale la plus importante en 250 000 ans d'histoire de l'évolution humaine.

Comprendre le rôle de l'énergie permet également d'éclairer les perspectives d'avenir de l'humanité. S'inspirant de l'observation du mathématicien Ludwig Boltzmann selon laquelle la lutte darwinienne pour l'existence est essentiellement une compétition pour l'énergie utile disponible, l'écologiste mathématicien Alfred Lotka a proposé dans les années 1920 que les systèmes performants (individus, espèces et écosystèmes) étaient ceux qui maximisaient leur appropriation et leur utilisation efficace de l'énergie disponible (exergie) dans leur environnement [49]. Un peu plus tard, l'écologiste Howard Odum a affiné et formalisé le concept de base sous la forme du "principe de puissance maximale" : en substance, la sélection naturelle favorise les systèmes qui évoluent (s'auto-organisent) de manière à maximiser leur consommation d'énergie et leur

production d'énergie au service de leur auto-entretien, de leur croissance et de leur reproduction [50,51]. Les systèmes qui ne parviennent pas à maximiser leur puissance utile seraient éliminés.

H. sapiens est sans doute l'archétype de la démonstration de puissance maximale. Alors que les autres espèces animales dépendent de l'énergie corporelle (endosomatique) obtenue à partir de la biomasse ingérée, l'homme est le seul à pouvoir utiliser l'énergie extracorporelle (exosomatique) pour la croissance et la reproduction de ses systèmes. L'histoire de la civilisation retrace une séquence de sources d'énergie externes, en commençant par le feu, l'eau courante et le vent, en passant par les FF, l'hydroélectricité et d'autres énergies renouvelables dites modernes, jusqu'à l'énergie nucléaire. La comparaison des sociétés, depuis les chasseurs-cueilleurs jusqu'à la culture MTI en passant par les agriculteurs, montre un schéma d'utilisation de l'énergie exosomatique, passant de 20 Gjoulles/personne par an à 60 Gjoulles/personne par an et à 300 Gjoulles/personne par an, respectivement [52]. Les cultures, les sociétés et les nations les plus riches, les plus puissantes et donc les plus prospères (selon les critères contemporains) ont toujours été celles qui maximisent leur appropriation et leur utilisation efficace de l'énergie disponible. Comme nous l'avons vu plus haut, l'augmentation explosive du PRP à partir du 19e siècle a été alimentée par les FF. Ce n'est pas un hasard si le PIB des nations modernes reste étroitement lié à la consommation de pétrole (figure 2) et si la moitié la plus pauvre de l'humanité représente moins de 20 % de la consommation mondiale d'énergie [53].

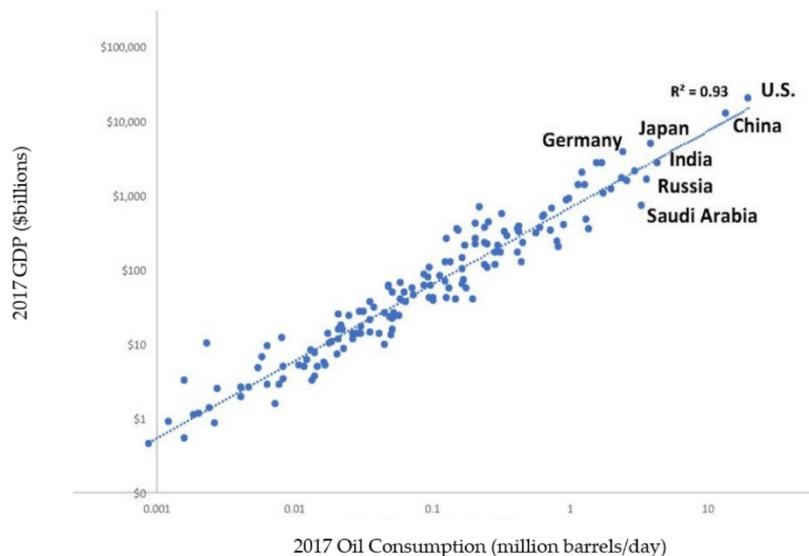


Figure 2. Le PIB est proportionnel à la consommation de pétrole (échelles logarithmiques). Graphique reproduit avec l'aimable autorisation d'Arthur Berman.

Dans l'état actuel des choses, le monde moderne reste largement tributaire de la densité énergétique inégalée des FF. Malgré l'hyperbole entourant le développement rapide de sources d'énergie alternatives prétendument renouvelables [54], 82 % de l'énergie primaire mondiale était fournie par le charbon, le pétrole et le gaz naturel en 2021. Les énergies renouvelables autres que l'hydroélectricité, principalement les éoliennes et les panneaux solaires (qui font l'objet de la plupart des nouveaux investissements), représentaient moins de 7,0 %. En effet, les combustibles fossiles ont alimenté l'économie mondiale pendant 290 jours sur 365 en 2021, contre 24 jours pour l'ensemble des énergies renouvelables non hydrauliques (éolienne, solaire, biomasse et géothermique). Le maintien de la dépendance à l'égard des combustibles fossiles est extrêmement problématique, et pas seulement en raison

du changement climatique. Les nombreuses composantes de la civilisation MTI, depuis les individus et les industries jusqu'aux villes et aux États-nations, en passant par l'ensemble de l'entreprise humaine, partagent les caractéristiques des "structures dissipatives", terme inventé par Ilya Prigogine pour décrire les processus d'auto-organisation hors équilibre dans les systèmes vivants [55,56]. Les structures dissipatives se développent/évoluent en réponse à des gradients d'énergie, qu'ils

dissiper" (c'est-à-dire consommer et se dégrader) pour s'autoproduire et se maintenir. En effet, l'auto-organisation dans les systèmes ouverts (systèmes capables d'échanger de l'énergie et des matériaux avec leur environnement) nécessite la dissipation d'énergie.

L'entreprise humaine est un complexe de sous-systèmes superposés, hautement structurés, non linéaires et ouverts, chacun fonctionnant loin de l'équilibre (thermodynamique). L'équilibre thermodynamique décrit l'état d'un système dans lequel il n'y a ni structure ni gradients et donc aucun flux interne de matière ou d'énergie. L'équilibre thermodynamique peut également exister entre un système et son environnement. Dans les deux cas, aucun changement mesurable ne peut se produire. En revanche, les systèmes autoproduits hors équilibre - par exemple les cellules vivantes individuelles, le corps humain, les processus économiques - sont capables de changements dynamiques, y compris des flux nets entre les systèmes et leur environnement et la dissipation permanente d'énergie et de matière. On dit de ces systèmes qu'ils fonctionnent "loin de l'équilibre".

Comme nous l'avons vu, l'entreprise humaine moderne a évolué dans sa forme actuelle en grande partie en réponse au gradient énergétique abrupt représenté par les combustibles fossiles qu'elle a dissipés, selon une courbe accélérée, en particulier au cours des deux derniers siècles (la moitié de la période de référence de l'Union européenne), et en particulier au cours de l'année écoulée.

combustibles fossiles jamais consommés l'ont été au cours des 30 à 35 dernières années seulement). Ce n'est pas seulement

les combustibles fossiles. L'industrialisation alimentée par les combustibles fossiles a augmenté de plusieurs ordres de grandeur la consommation mondiale de nombreux minéraux et métaux, de sorte que les meilleurs gisements de nombreuses ressources non renouvelables limitées et non renouvelables ont également été largement épuisés et dissipés. La rareté des ressources pourrait bien accélérer la descente de la civilisation industrielle vers le dépassement. La croissance continue - ou même le fonctionnement stable - de l'entreprise humaine dépend donc entièrement de la continuité de ce flux d'énergie, c'est-à-dire du maintien d'un gradient énergétique comparativement abrupt (et cela suppose que d'autres ressources seront également disponibles) [57].

Il y a cependant un problème. Il devient de plus en plus évident qu'une transition énergétique quantitativement équivalente des FF vers les sources d'électricité dites vertes, selon un calendrier respectueux du climat et du dépassement, n'est pas susceptible de se produire [58,59,60]. Il est vrai qu'il y a eu une expansion impressionnante de la production d'électricité par des éoliennes et des panneaux solaires dans certains pays au cours des dernières années. Toutefois, comme nous l'avons indiqué, les combustibles fossiles fourniront encore 82 % de l'énergie primaire mondiale et même 61 % de l'énergie électrique mondiale en 2021. Les éoliennes et les installations solaires ont fourni au monde 10 % de son énergie électrique (jusqu'à 12 % en 2023), mais comme l'électricité ne représente que 19 % de la consommation finale d'énergie, l'électricité éolienne et solaire ne représente que 2,3 % de l'approvisionnement total en énergie des consommateurs, et ce après plusieurs décennies de déploiement croissant (données tirées de [61]).

Il est clair que les énergies vertes renouvelables ont encore un long chemin à parcourir -

certaines années, l'augmentation de la capacité renouvelable ne suit même pas la croissance de la demande totale d'énergie. Alors que nous abandonnons progressivement (ou épuisons) les FF, certains analystes suggèrent que la communauté mondiale devrait se préparer à une chute brutale de l'énergie, à un avenir caractérisé par des approvisionnements énergétiques nettement plus faibles (jusqu'à 50 % de moins) et de moins en moins fiables [62]. Le corollaire évident, mais souvent passé sous silence, est que l'affaiblissement de notre gradient énergétique s'accompagnera d'une simplification massive de la plus grande des structures dissipatives, l'entreprise humaine. Nous devrions également nous attendre à des pénuries mondiales de nourriture et de toutes les autres ressources matérielles dépendantes de la FF nécessaires au fonctionnement de la civilisation moderne - et nous n'avons pas encore pris en compte les effets simultanés de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de l'augmentation de la consommation d'énergie.

conséquences de l'accélération du réchauffement de la planète. Si la culture MTI maintient son cours actuel, une correction démographique majeure semble inévitable.

5. La réponse du monde à la surpopulation

"Le dépassement est un dépassement. Une fois que votre civilisation commence à consommer plus que ce qui se régénère naturellement dans sa folie de poursuivre une croissance infinie sur une planète finie, l'effondrement n'est qu'une question de temps" (B [63]).

La trajectoire évolutive de l'humanité et notre récente période d'expansion industrielle ont manifestement engendré un éco-prédicament vraiment unique pour l'humanité - les humains sont intrinsèquement expansionnistes et la culture MIT est dépendante de la croissance, mais la croissance matérielle sur une planète finie doit finir par cesser. Le signe le plus encourageant de la prise de conscience de cette contradiction est qu'un mouvement international planifié de "décroissance" prend de l'ampleur, en particulier en Europe [64]. Même des membres du Parlement européen s'inquiètent ouvertement des risques associés à la poursuite de la croissance économique [65]. Ces inquiétudes sont stimulées par un nombre croissant d'analyses scientifiques et de rapports populaires qui, même sans mentionner le dépassement, évoquent la possibilité que les sociétés MTI soient confrontées à un effondrement économique et démographique [66,67,68]. L'effondrement de la société est un sujet complexe et controversé. Il n'existe pas de définition cohérente. Cependant, il existe un consensus sur le fait que l'effondrement peut être rapide ou prendre des décennies, mais qu'il implique invariablement une perte significative de complexité socio-politique et économique, y compris la dissolution/le remplacement des gouvernements officiels [69]. Un déclin significatif de la population est possible même dans le cas d'effondrements régionaux - l'histoire associe souvent l'effondrement à la surpopulation et à la concurrence pour des ressources rares [70]. Ceux qui doutent que l'effondrement soit une possibilité réelle devraient se rappeler que de nombreuses sociétés humaines régionales ont imploré dans le passé et que les sociétés MTI sont aujourd'hui si étroitement enchevêtrées que la prochaine contraction pourrait bien être mondiale. Dans un monde rationnel, la communauté internationale agirait de manière coopérative et décisive en réponse aux preuves de dépassement et s'organiserait pour éliminer ses impacts corrosifs. Malheureusement, rien de tel ne se produit. La société MTI ne reconnaît même pas le dépassement. Au contraire, la plupart des pays industrialisés et même le mouvement environnemental dominant conservent leur vision simpliste du changement climatique et semblent tous deux déterminés à trouver des moyens de maintenir la trajectoire de croissance perpétuelle.

Certains écologistes préconisent un désinvestissement rapide et l'abandon du charbon, du pétrole et du gaz naturel. Toutefois, des mesures agressives visant à réduire l'utilisation des combustibles fossiles, ne serait-ce que de 45 % d'ici 2030, comme le prévoit l'accord de Paris sur le climat, constitueraient un suicide politique (voire sociétal) en l'absence d'alternatives énergétiques viables et d'un plan global de restructuration socio-économique soutenu par l'opinion publique. Dans le monde moderne, tout dépend de la continuité de

l'approvisionnement en énergie. Ainsi, une réduction rapide des FF entraînerait un chaos économique - réduction de la production de biens, chômage massif, chaînes d'approvisionnement rompues, PIB défaillant, baisse des revenus des particuliers, services sociaux débordés, etc. La production alimentaire s'effondrerait, les transports maritimes et interurbains essentiels fonctionnant au diesel s'effondreraient, il y aurait des famines locales, des migrations massives et une pénurie alimentaire mondiale, exacerbée par l'augmentation des prix des denrées alimentaires et de l'énergie, ainsi que par l'augmentation des coûts de production.

par la poursuite du changement climatique, du désordre civil et du chaos géopolitique. Même si les concentrations atmosphériques de GES devaient se stabiliser, il y a déjà un réchauffement supplémentaire de 0,6 °C "dans les tuyaux" en raison de rétroactions à court terme telles que l'inertie thermique des océans. À lui seul, ce réchauffement fera franchir à la planète la limite de 1,5 °C et déstabilisera encore davantage le climat [71]. Tout cela explique pourquoi la plupart des gouvernements, des administrations urbaines, des organisations internationales, de nombreux analystes universitaires et même des organisations environnementales ont adopté une stratégie alternative à deux voies visant à maintenir le statu quo comme suit :

Piste 1 : Plutôt que d'abandonner les combustibles fossiles, les gouvernements maintiennent les subventions au développement des combustibles fossiles : en effet, les subventions en 2022 ont doublé par rapport à l'année précédente [72]. Par conséquent, même l'Agence internationale de l'énergie prévoit que la part des combustibles fossiles dans le bouquet énergétique mondial restera supérieure à 60 %, même en 2050 [73]. Cela maintiendra notre

Le Titanic industriel restera à flot jusqu'à ce que la voie 2 puisse être pleinement réalisée ou jusqu'à ce que les FF économiquement extractibles soient épuisés.

Voie 2 (parallèle à la voie 1) : Entre-temps, séduit par la promesse d'une énergie bon marché et 100 % renouvelable [54], le monde a également adhéré à une nouvelle construction mythique, la soi-disant transition vers les énergies renouvelables (ER). Sous des bannières telles que le "Green New Deal", l'"économie circulaire" et le concept oxymorique de "croissance verte", les sociétés MTI s'efforcent de tout électrifier et de stimuler les investissements dans les sources d'énergie vertes dites renouvelables, en particulier les éoliennes, les panneaux solaires et, plus récemment, l'hydrogène (dont aucune n'est vraiment verte), ainsi que les infrastructures et les applications correspondantes (c'est-à-dire les véhicules électriques). Toutes ces technologies "approuvées" - y compris les technologies de captage et de stockage du carbone qui n'ont pas encore fait leurs preuves - impliquent des investissements massifs, une création d'emplois importante et d'excellentes opportunités de profit, c'est-à-dire tout ce qui est nécessaire pour maintenir le "business-as-usual-by-alternative-means" orienté vers la croissance. On peut dire que l'approche MTI dominante est conçue pour faire apparaître le capitalisme industriel comme la solution et non comme la cause du problème [74].

Malheureusement, la stratégie globale de l'ITM ne tient pas compte de l'écologie, de l'énergie, des matériaux et de la technologie.

-Cela équivaut à "électrifier le Titanic", comme si cela allait faire fondre les icebergs [75]. Comme nous l'avons déjà noté, la transition énergétique verte tant vantée vient à peine de commencer et est embourbée dans la controverse. Voir les réfutations de Seibert et Rees [76] disponibles à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.3390/en14154508> (consulté le 8 août 2023). Ses partisans les plus enthousiastes ignorent d'importantes questions techniques, les impacts écologiques et sociaux, ainsi que les problèmes découlant de l'échelle massive de l'exercice, c'est-à-dire qu'ils ignorent le dépassement. En bref, les technologies éoliennes et solaires ne sont pas renouvelables (elles sont simplement remplaçables) ; leur production, de la tête de mine à l'installation en passant par la fabrication, est elle-même à forte intensité d'énergie fossile ; ainsi, la transition, dans le

meilleur des cas, générera au moins une augmentation à court terme des émissions de carbone ; elles ne peuvent pas fournir la même quantité et la même qualité d'énergie que les énergies renouvelables, et leur cycle de vie, qui comprend des augmentations de plusieurs ordres de grandeur des activités d'extraction et de raffinage de certains minéraux rares cruciaux, entraîne une dégradation écologique massive et (jusqu'à présent) une injustice sociale flagrante [76]. Plusieurs autorités ont calculé qu'il n'y a tout simplement pas assez de gisements de matériaux économiques ou de temps pour remplacer les ressources existantes.

Le système alimenté par des combustibles fossiles sera remplacé par des technologies renouvelables selon le calendrier fixé par l'Union européenne.

Les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et les progrès réalisés dans le cadre des accords de Paris et de l'Union européenne.

les accords climatiques ultérieurs [77,78]. Plusieurs climatologues considèrent que la notion de " zéro net d'ici 2050' implique une autre collection de (non-)solutions techniques " magiques mais irréalisables " à l'énigme climatique [79] ou qu'il s'agit " non seulement d'un objectif, mais aussi d'une stratégie pour la COP-26 visant à verrouiller plusieurs décennies d'utilisation inutile des combustibles fossiles bien au-delà de 2050... [et créant] des risques inacceptables de réchauffement climatique inarrêtable " [80]. N'oublions pas que la voie 1 renforce la dépendance aux combustibles fossiles. En effet, 50 ans après la publication de *Limites à la croissance*, plusieurs "avertissements des scientifiques à l'humanité", 27 réunions de la Conférence des Parties des Nations Unies sur l'environnement et le développement (COP) ont eu lieu.

et plusieurs accords sur la réduction des émissions, l'approche traditionnelle n'a jusqu'à présent rien fait de significatif pour réduire l'utilisation mondiale des FF et les émissions qui y sont associées. Au contraire, les taux de réchauffement global induits par l'homme sont à leur plus haut niveau historique, et le monde peut s'attendre à atteindre et à dépasser les 1,5 °C de réchauffement global dans les 10 prochaines années [81,82].

Dans cette optique, le premier volet de la stratégie MTI est potentiellement catastrophique. La poursuite de l'utilisation des FF signifie qu'il n'y a pratiquement aucune possibilité que le monde atteigne l'objectif de l'Accord de Paris de réduire les émissions de dioxyde de carbone de 45 % par rapport aux niveaux de 2010 d'ici à 2030 et pratiquement aucune possibilité que le monde atteigne des émissions nettes nulles d'ici à 2050. En effet, les Nations unies signalent que les engagements nationaux actuels augmenteront en fait les émissions de 10,6 % d'ici 2030 [83]. Non seulement nous dépasserons la limite de 1,5 °C de réchauffement climatique moyen fixée par l'accord de Paris [84], mais il est probable que nous dépasserons même la limite moins stricte de 2 °C d'ici à 2050. Nous sommes en fait en bonne voie pour atteindre un réchauffement de 2,4 à 2,8 degrés d'ici la fin du siècle [85] - les gaz à effet de serre atmosphériques, y compris le dioxyde de carbone, continuent d'augmenter [86]. Entre-temps, le changement climatique a déjà fait sortir ~9 % de la population (>600 millions) de la niche climatique humaine historique sûre, et un réchauffement global de 2,7 °C pourrait faire sortir environ un tiers de l'humanité de cette niche [87]. Cela ne tient pas compte des effets de seuil - même un réchauffement de 2 °C pourrait bien déclencher un emballement irréversible des conditions de la "serre terrestre" [88], mettant fin aux perspectives de la civilisation mondiale. Les écosystèmes locaux, voire l'écosphère dans son ensemble, sont également sujets à des changements brusques, imprévisibles et irréversibles, potentiellement hostiles à la vie humaine (et à d'autres formes de vie), s'ils sont poussés au-delà de points de basculement inconnus [89].

Même dans le meilleur des cas, la voie 1 conduit le monde à des vagues de chaleur et des sécheresses plus nombreuses et plus longues, à des tempêtes tropicales plus violentes, à des saisons d'incendies de forêt plus longues, à une accélération de la désertification et à des pénuries d'eau. À bien des égards, 2023 s'avère être un archétype record de ce que l'avenir nous réserve. De nombreuses régions sur plusieurs continents subissent des vagues de chaleur et de sécheresse record ou des précipitations et des inondations sans précédent. À l'heure où nous écrivons ces lignes, plus de 900 incendies de forêt font rage, la plupart hors de contrôle, dans les forêts boréales du Canada et bien d'autres dans les forêts de Sibérie. À mesure que certaines

parties de la planète deviennent inhabitables, il faut s'attendre à une agriculture en perte de vitesse, à des pénuries alimentaires, voire à des famines prolongées [90].

Augmentation du niveau des mers au cours du siècle prochain

inondera de nombreuses villes côtières ; avec l'effondrement des réseaux routiers et maritimes nationaux, d'autres villes risquent d'être coupées des terres alimentaires, de l'énergie et d'autres ressources essentielles. Certaines grandes zones métropolitaines deviendront insupportables et ne survivront pas au siècle [91]. Même en 2021, au moins 414 villes comptant au total plus de 1,4 milliard d'habitants étaient considérées comme exposées à un risque élevé ou extrême en raison de la combinaison de la pollution, de la diminution des réserves d'eau, du stress thermique extrême et d'autres vulnérabilités liées au seul changement climatique [92].

Ce qui nous ramène à l'échec de la voie 2 et au dépassement. À moins d'un holocauste nucléaire total, on pourrait affirmer que la seule chose qui serait pire que l'échec de la transition vers les énergies renouvelables dites vertes de la voie 2 serait sa réussite. Le développement d'une autre source assurée d'énergie abondante et bon marché permettrait simplement d'étendre le "business-as-usual-by-alternative-means" basé sur la croissance, en augmentant l'épuisement/dissipation des ressources naturelles. Le monde naturel et l'aggravation du phénomène de dépassement :

Il est dans la nature humaine "...d'intensifier notre exploitation des combustibles fossiles, des métaux et des minéraux non métalliques afin de perpétuer le plus longtemps possible notre paradigme de mode de vie industriel... Paradoxalement, plus nous nous efforçons de perpétuer notre mode de vie industrialisé non durable... plus nous épuiserons rapidement et complètement les réserves non renouvelables et renouvelables restantes de la Terre, accélérant et **exacerbant** ainsi **l'effondrement de notre société mondiale**" ([93], c'est nous qui soulignons).

Ironiquement, avec le succès de la mission Track 2, l'écosphère succomberait en quelques décennies à une dégradation, une désorganisation et une dissipation irréversibles, entraînant avec elle l'entreprise humaine globale. Il est permis de penser qu'une contraction moins importante plus tôt est préférable à une contraction massive plus tard.

Ce ne serait pas la première fois

La perspective d'un effondrement sociétal, aussi horrible qu'elle puisse paraître aux oreilles des MTI, est parfaitement cohérente avec l'histoire et la dynamique des systèmes caractérisant l'essor et la chute des civilisations humaines précédentes [94,95]. En particulier, de nombreuses nations MTI présentent les rendements décroissants et les pathologies sociopolitiques - inégalités flagrantes et croissantes, incompetence et corruption du gouvernement et des institutions, dépréciation de la monnaie, perte de confiance de la population dans l'État, troubles civils croissants, etc. la destruction écologique, le changement climatique, la rupture des relations commerciales et internationales et l'incapacité ou le refus de s'adapter à des circonstances changeantes - une société ayant apparemment "choisi" d'échouer [97]. Plus généralement, les étapes du développement et de la décadence des civilisations répertoriées par Toynbee [94] (genèse, croissance, période de troubles, état universel et désintégration) sont très similaires aux phases des cycles répétitifs communs aux systèmes vivants (initiation et exploitation, maturation et conservation, rigidification et relâchement (c'est-à-dire effondrement)).

Gunderson et Holling avancent la théorie de la "panarchie" pour explorer ce changement cyclique en tant que mécanisme d'adaptation commun aux écosystèmes complexes et aux systèmes sociaux. Ils affirment que chaque itération d'un cycle qui se répète naturellement (par exemple, le régime cyclique des incendies de certains écosystèmes forestiers) offre théoriquement des possibilités d'innovation et d'adaptation évolutive [98]. On est forcé de se demander pourquoi l'homme moderne s'obstine à ne pas appliquer les leçons tirées d'effondrements historiques bien étudiés pour développer la prévoyance

et les actions politiques nécessaires afin d'éviter le prochain.

Au contraire, de nombreux analystes rejettent les précédents historiques en tant que guides pour les politiques contemporaines. Ils devraient peut-être s'inspirer de l'étude tristement célèbre du Club de Rome/MIT de 1972, *Limits to Growth* (LTG) [99], qui a montré que, si l'on ne changeait rien à la situation actuelle, les émissions de gaz à effet de serre seraient réduites de plus de moitié.

la société mondiale serait menacée d'effondrement au milieu du 21^e siècle. Comme on pouvait s'y attendre, de nombreux économistes et techno-optimistes ont rejeté cette évaluation - les économistes ignorent le dépassement et sous-estiment même grossièrement les dommages causés par le changement climatique ; leurs concepts et leurs modèles sont dissociés de la réalité biophysique [100]. Cependant, des études ultérieures montrent que le monde réel se comporte avec une fidélité troublante à la modélisation LTG, en particulier les deux (sur quatre) scénarios qui indiquent un arrêt de la croissance au cours de la prochaine décennie, suivi d'un déclin et d'un effondrement ultérieurs [101].

6. Résumé et conclusions : C'est vraiment très simple

"Sans une biosphère en bon état, il n'y a pas de vie sur la planète. C'est très simple. C'est tout ce qu'il faut savoir. Les économistes vous diront que nous pouvons découpler la croissance de la consommation matérielle, mais c'est un non-sens total... Si vous ne gérez pas le déclin, vous y succombez et vous disparaîsez" (Vaclav Smil, [102]).

H. sapiens, comme toutes les autres espèces, est naturellement prédisposé à croître, à se reproduire et à s'étendre dans tous les habitats accessibles et appropriés. La croissance physique est naturelle, mais elle n'est qu'une phase initiale du développement des organismes individuels ; la croissance à grande échelle, y compris la croissance démographique, est caractéristique des phases initiales des systèmes vivants complexes, y compris les sociétés humaines. Cependant, la croissance matérielle et démographique dans des habitats finis est finalement limitée par la disponibilité des "intrants" essentiels, par la capacité de l'environnement du système à assimiler les extrants (souvent toxiques), ou par diverses formes de rétroaction négative telles que celles énumérées précédemment. La croissance cessera, soit "à dessein, soit par désastre" [103]

Pendant la majeure partie de l'histoire évolutive de H. sapiens, la croissance de la population locale a, en fait, été limitée par une rétroaction négative. Cependant, l'amélioration de la santé de la population (baisse du taux de mortalité) et l'utilisation des combustibles fossiles, en particulier depuis le début du XIX^e siècle, ont permis une période d'abondance sans précédent de la nourriture et des ressources. Dans la nature, toute population d'espèces à stratégie "K" bénéficiant de conditions aussi favorables se développe de manière exponentielle. La croissance se poursuit généralement jusqu'à ce que la surconsommation et la dégradation de l'habitat entraînent à nouveau des pénuries alimentaires et la famine, ou que les maladies et la prédation fassent des ravages. La population retombe alors en dessous de la capacité de charge à long terme de l'habitat et la rétroaction négative s'atténue. Certaines espèces présentent de façon répétée ce cycle de croissance et de décroissance de la population.

L'humanité n'est qu'une exception partielle. L'abondance générée par les combustibles fossiles a permis à H. sapiens, pour la première fois, de connaître un cycle unique d'expansion et de récession de la population mondiale (figure 1). Il s'agit d'un cycle unique parce qu'il a été rendu possible par de vastes stocks de ressources

autoproductrices potentiellement renouvelables et de ressources non renouvelables finies, y compris les combustibles fossiles, qui ont été largement épuisés. Aucune répétition n'est possible. Comme l'affirme Clugston, en choisissant de s'industrialiser, l'Homo sapiens s'est involontairement engagé dans la voie de l'impermanence [77]. Nous avons adopté un mode de vie autodestructeur, dans lequel les ressources finies qui permettent notre existence industrielle deviendraient inévitablement insuffisantes. Les mécanismes physiques sont simples. Les systèmes vivants, depuis les cellules individuelles jusqu'aux populations et aux écosystèmes, en passant par les organismes entiers, existent dans des hiérarchies imbriquées et fonctionnent comme des structures dissipatives loin de l'équilibre [104]. Chaque niveau de la hiérarchie dépend du

Le niveau supérieur est à la fois une source de ressources utiles (néguentropie) et un puits de déchets dégradés (entropie). Comme nous le rappelle Daly [8,9], l'entreprise humaine est un sous-système entièrement dépendant de l'écosphère ; elle se produit et se maintient en extrayant des ressources néguentropiques de son système hôte, l'écosphère, et en y rejetant des déchets entropiques dégradés. Il s'ensuit que la complexité structurelle et fonctionnelle croissante du sous-système humain en tant que structure dissipative loin de l'équilibre (un nœud de néguentropie) ne peut se produire qu'aux dépens de la désorganisation accélérée (entropie croissante) de l'écosphère qui ne croît pas. En effet, l'humanité est en situation de dépassement - le réchauffement climatique, la chute de la biodiversité, la dégradation des sols et des terres, la déforestation tropicale, l'acidification des océans, l'épuisement des combustibles fossiles et des minéraux, la pollution de tout, etc. sont autant d'indicateurs de la désorganisation croissante de la biosphère/écosphère. Nous risquons d'assister à une rupture chaotique des fonctions essentielles à la vie [105].

Les débats contemporains sur le développement ou les discussions sur l'énigme de la population n'en tiennent guère compte. La réponse de la communauté internationale à l'effondrement biosphérique naissant est doublement désastreuse. L'engagement de la culture MTI en faveur de la croissance matérielle, y compris l'utilisation continue des FF (voie 1), condamne l'humanité aux impacts dangereux prévisibles de l'accélération du changement climatique ; dans le même temps, notre recherche de sources d'énergie alternatives (elles-mêmes dépendantes des FF) afin de maintenir le statu quo basé sur la croissance (voie 2) assurerait, en cas de succès, l'épuisement et la dissipation continus des ressources autoproductrices et non renouvelables essentielles à l'existence de la civilisation.

Le courant dominant en matière de population affirme que le taux de croissance est en baisse et qu'il ne faut donc pas s'inquiéter - ou s'inquiéter du fait que le déclin de la population est mauvais pour l'économie ! Même l'affirmation de base est controversée. Jane O'Sullivan souligne que le taux de décroissance a lui-même diminué au cours de ce siècle. Elle affirme que les démographes de l'ONU ont donc "constamment sous-estimé la population mondiale récente, en raison de leur sur-anticipation de la baisse de la fécondité dans les pays à forte fécondité".

pays" [106]. La population humaine continue de croître au rythme d'environ 80 millions par an - O'Sullivan estime que ce chiffre est plus proche de 90 millions - et son pic ultime est très incertain. Une nouvelle rétroaction négative pourrait bien mettre fin à la croissance bien avant que la population n'atteigne les 10,4 milliards prévus par les Nations unies à la fin des années 2080.

Il est essentiel de se rappeler que, bonnes ou mauvaises, les projections conventionnelles ignorent le fait que l'écosphère ne "supporte" même pas aujourd'hui les huit milliards d'habitants actuels. L'entreprise humaine se développe et se maintient en liquidant et en polluant des écosystèmes et des biens matériels essentiels. En bref, même les niveaux de vie matériels moyens sont excessivement corrosifs, et pourtant, en 2019, "près d'un quart de la population mondiale [...] vivra [...]".

en dessous du seuil de pauvreté de 3,65 dollars par jour, et près de la moitié, 47 %, vivaient en dessous du seuil de pauvreté de 3,65 dollars par jour.

Le monde considère la croissance matérielle pure comme le moyen de résoudre ce

problème. En suivant cette voie, l'écodestruction s'accélénera, augmentant la probabilité d'une simplification et d'une contraction auto-induites de l'entreprise humaine.

À moins d'un holocauste nucléaire, il est peu probable que *H. sapiens* disparaisse. Les nations riches et technologiquement avancées sont potentiellement plus résistantes et peuvent être protégées, au moins temporairement, des pires conséquences de la simplification mondiale [108]. Cela dit, la remontée des rétroactions négatives - chaos climatique, pénuries de nourriture et d'autres ressources, désordres civils, guerres de ressources, etc. Dans l'éventualité d'une "correction" apparemment inévitable de la population mondiale, l'humanité ne pourra plus être en mesure d'atteindre ses objectifs.

Le nombre de survivants diminuera jusqu'à ce qu'ils puissent à nouveau espérer prospérer dans le cadre de la capacité de charge (très réduite) de la Terre. Selon des estimations éclairées, la capacité de charge à long terme est comprise entre 100 millions [109] et trois milliards de personnes [110]. Il n'est pas certain qu'une grande partie ou la totalité de la haute technologie industrielle puisse perdurer en l'absence d'une énergie abondante et bon marché et de riches réserves de ressources, dont la plupart auront été extraites, utilisées et dissipées. Il se pourrait bien que l'avenir le plus favorable soit, en fait, le suivant

L'énergie renouvelable, mais sous la forme de muscles humains, de chevaux de trait, de mules et de bœufs, complétés par des roues à eau mécaniques et des moulins à vent.

Dans le pire des cas, les quelques milliards (?) de survivants seront confrontés à un retour à des modes de vie de l'âge de pierre. Cela devrait-il être

Dans l'avenir de l'humanité, ce ne sont pas les citadins sophistiqués qui survivront, mais plutôt les pauvres ruraux préadaptés et les dernières poches de peuples indigènes.

Conclusion : Toute interprétation raisonnable de l'histoire, des tendances actuelles et de la dynamique des systèmes complexes montrerait que la culture MTI mondiale commence à s'effiloche et que le boom unique de la population humaine est voué à l'échec. Les tendances expansionnistes innées de H. sapiens sont devenues inadaptées. Cependant, loin de reconnaître et de surmonter nos prédispositions naturelles désavantageuses, les normes culturelles contemporaines les renforcent. Dans ces conditions, on peut affirmer qu'il est impossible d'éviter un effondrement sociétal généralisé - l'effondrement n'est pas un problème à résoudre, mais plutôt l'étape finale d'un cycle qu'il faut endurer. L'effondrement mondial des civilisations s'accompagnera presque certainement d'une "correction" majeure de la population humaine. Dans le meilleur des mondes possibles, la transition pourrait être gérée de manière à éviter des souffrances inutiles à des millions (milliards ?) de personnes, mais ce n'est pas le cas et cela ne peut pas se produire dans un monde aveugle à sa propre situation.

Financement

Cette recherche n'a bénéficié d'aucun financement externe.

Déclaration du comité d'examen institutionnel

Sans objet.

Déclaration de consentement éclairé

Sans objet.

Déclaration de disponibilité des données

Sans objet.

Remerciements

L'auteur remercie les quatre évaluateurs pour leurs commentaires instructifs.

Conflits d'intérêts

L'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêt.

Références

1. Catton, W.R. Overshoot : The Ecological Basis of Revolutionary Change ; University of Illinois Press : Urbana, IL, USA ; Chicago, IL, USA, 1982. [[Google Scholar](#)].
2. Wackernagel, M. ; Schulz, N.B. ; Deumling, D. ; Linares, A.C. ; Jenkins, M. ; Kapos, V. ; Monfreda, C. ; Loh, J. ; Myers, N. ; Norgaard, R. ; et al. Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **2002**, 99, 9266-9271. Disponible en ligne : <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.142033699> (consulté le 9 août 2023). [[CrossRef](#)]
3. Barash, D. The Whisperings within-Evolution and the Origin of Human Nature ; Penguin Paperbacks : Londres, Royaume-Uni, 1981. [[Google Scholar](#)].
4. Wilson, D.S. Evolution for Everyone-How Darwin's Theory Can Change the Way We Think About Our Lives ; Random House : New York, NY, USA, 2007. [[Google Scholar](#)].
5. Personnel. La lune martienne pourrait être essentielle pour l'exploitation des astéroïdes. Mining.com. 2022. Disponible en ligne : <https://www.mining.com/martian-moon-could-be-crucial-for-asteroid-mining/> (consulté le 3 août 2023).
6. Daly, H.E. L'économie pour un monde complet. Initiative pour une grande transition. 2015. Disponible en ligne : <https://greattransition.org/publication/economics-for-a-full-world> (consulté le 3 août 2023).
7. Ponting, C. A New Green History of the World-The Environment and the Collapse of Great Civilizations ; Penguin Books : Londres, Royaume-Uni, 2007. [[Google Scholar](#)].
8. Bar-On, Y.M. ; Phillips, R. ; Milo, R. La distribution de la biomasse sur terre. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **2018**, 115, 6506-6511. Disponible en ligne : www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1711842115 (consulté le 3 août 2023). [[CrossRef](#)]
9. Smil, V. Harvesting the Biosphere : What We Have Taken from Nature ; MIT Press : Cambridge, MA, USA, 2013. [[Google Scholar](#)].
10. Almond, R.E.A. ; Grooten, M. ; Juffe Bignoli, D. ; Petersen, T. (Eds.) Living Planet Report 2022-Building a Nature Positive Society ; WWF : Gland, Suisse, 2022 ; Disponible en ligne : https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/embargo_13_10_2022_lpr_2022_full_report_single_page_1.pdf (consulté le 9 août 2022).
11. Cafaro, P. ; Hansson, P. ; Götmark, F. La surpopulation est une cause majeure de la perte de biodiversité et des populations humaines moins nombreuses sont nécessaires pour préserver ce qui reste. Biol. Cons. **2022**, 272, 109646. Disponible en ligne : [http://www.sustainable.soltechdesigns.com/Overpopulation-and-biodiversity-loss\(2022\).pdf](http://www.sustainable.soltechdesigns.com/Overpopulation-and-biodiversity-loss(2022).pdf) (consulté le 5 août 2023). [[Croisé](#)]
12. BGS Press. Les humains dépassent la nature en tant que principaux

contributeurs à l'évolution des paysages. British Geological Survey. 2018.

Disponible en ligne :

<https://www.bgs.ac.uk/news/humans-overtake-nature-as-the-biggest-contributors-to-landscape-evolution/> (consulté le 3 août 2023).

13. Schroder, E. ; Storm, S. Economic Growth and Carbon Emissions : The Road to 'Hothouse Earth' is Paved with Good Intentions ; Working Paper No. 84 ; Institute for New Economic Thinking : New York, NY, USA, 2018 ; Disponible en ligne : https://www.ineteconomics.org/uploads/papers/WP_84.pdf (consulté le 5 août 2023).
14. Pratarelli, M. L'homme myope : On the Nature and Universality of Human Self-Deception and Its Long-Term Effects on Our Environment (L'homme myope : la nature et l'universalité de l'auto-illusion humaine et ses effets à long terme sur notre environnement) ; Medici Publishing, Inc : Austin, TX, USA, 2008. [[Google Scholar](#)].
15. Perreault, C. Le rythme de l'évolution culturelle. PLoS ONE **2012**, 7, e45150. Disponible en ligne : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3443207/> (consulté le 3 août 2023). [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Rees, W.E. Overshoot : Cognitive Obsolescence and the Population Conundrum. J. Popul. Sustain. **2023**, 7, 15-38. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.3197/JPS.63799953906865> (consulté le 3 août 2023). [[CrossRef](#)]
17. Bernardini, A.E. ; Bertolami, O. ; Francisco, F. Chaotic Behaviour of the Earth System in the Anthropocene. arXiv **2022**, arXiv:2204.08955. [[Google Scholar](#)].
18. Gray, J. Straw Dogs-Thoughts on Humans and Other Animals ; Granta Books : Londres, Royaume-Uni, 2002. [[Google Scholar](#)].
19. Hickel, J. ; O'Neill, D.W. ; Fanning, A.L. ; Zoomkawala, H. Responsabilité nationale en matière de dégradation écologique : Une évaluation équitable de l'utilisation des ressources, 1970-2017. Lancet Planet Health **2022**, 6, e342-e349. Disponible en ligne : <https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-519600044-4/fulltext> (consulté le 3 août 2023). [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Cozzi, L. ; Chen, O. ; Kim, H. Les 1 % d'émetteurs les plus importants du monde produisent plus de 1 000 fois plus de CO₂ que les 1 % les moins importants. Agence internationale de l'énergie. 2023. Disponible en ligne : <https://www.iea.org/commentaries/the-world-s-top-1-of-emitters-produce-over-1000-times-more-co2-than-the-bottom-1> (consulté le 3 août 2023).
21. Tamburino, L. ; Cafaro, P. Distraction dangereuse ou éléphant dans la pièce ? Le rôle de la croissance démographique pendant trois décennies d'augmentation des émissions de carbone. Projet sur la surpopulation. 2023. Disponible en ligne : <https://overpopulation-project.com/dangerous-distraction-or-elephant-in-the-room-the-role-of-population-growth-during-three-decades-of-increasing-carbon-emissions/> (consulté le 3 août 2023).
22. Rees, W.E. L'éco-prédicament humain : Overshoot and the population conundrum. Vienna Yearb. Pop. Res. **2023**, 21, 1-19. Disponible en ligne : <https://www.austriaca.at/0xc1aa5576%20x003dcfa1.pdf> (consulté le 3 août 2023). [[CrossRef](#)]
23. Feldstein, S. Le déclin démographique changera le monde pour le mieux. 2023. Disponible en ligne : <https://www.scientificamerican.com/article/population-decline-will-change-the-world-for-the-better/> (consulté le 3 août 2023).
24. ONU. Perspectives de la population mondiale - Résumé des résultats ; Nations unies : New York, NY, USA, 2022 ; disponible en ligne : <https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/fil>

es/wpp2022_summary_of_results.pdf (consulté le 3 août 2023).

25. Roser, M. ; Richie, H. Deux siècles de croissance rapide de la population mondiale prendront fin. 2023. Disponible en ligne : <https://ourworldindata.org/world-population-growth-past-future> (consulté le 5 août 2023).
26. Callegari, B. ; Stoknes, P.E. People and Planet : 21st Century Sustainable Population Scenarios and Possible Living Standards within Planetary Boundaries. 2023. Disponible en ligne : https://earth4all.life/wp-content/uploads/2023/04/E4A_People-and-Planet_Report.pdf (consulté le 5 août 2023).
27. O'Sullivan, J.N. Le monde imaginaire des faibles projections démographiques de Earth4All, The Overpopulation Project. 2023. Disponible en ligne : <https://overpopulation-project.com/the-imaginary-world-of-earth4alls-low-population-projections/> (consulté le 5 août 2023).
28. O'Sullivan, J.N. Les illusions démographiques : La population mondiale dépasse la plupart des projections et compromet les scénarios d'avenir durable. World **2023**, sous presse. [Google Scholar].
29. Chamie, J. L'objectif américain de croissance perpétuelle de la population est une démographie à la Ponzi. 2023. Disponible en ligne : <https://thehill.com/opinion/immigration/4020982-americas-goal-of-perpetual-population-growth-is-ponzi-demography/> (consulté le 5 août 2023).
30. Sélection R et K. Disponible en ligne : https://www2.nau.edu/lrm22/lessons/r_and_k_selection/r_and_k.html (consulté le 3 août 2023).
31. Roser, M. ; Arriagada, P. ; Hasell, J. ; Ritchie, H. ; Ortiz-Ospina, E. 2023. Disponible en ligne : <https://ourworldindata.org/economic-growth> (consulté le 5 août 2023).
32. Nixon, R.M. Remarks at the Seafarers International Union Biennial Convention (26 novembre 1973). Disponible en ligne : <https://www.presidency.ucsb.edu/documents/remarks-the-seafarers-international-union-biennial-convention> (consulté le 3 août 2023).
33. Odum, H.T. ; Pinkerton, R.C. Time's speed regulator : L'efficacité optimale pour un rendement maximal dans les systèmes physiques et biologiques. Am. Sci. **1955**, 43, 331-343. [Google Scholar].
34. Odum, H.T. Self-Organization and Maximum Empower. Dans Maximum Power : The Ideas and Applications of H.T. Odum ; Hall, C.A.S., Ed. ; University Press of Colorado : Louisville, CO, USA, 1995. [Google Scholar].
35. Fischer-Kolwalski, M. ; Haberl, H. (Eds.) Socio-Ecological Transitions ; Edward Elgar : Cheltenham, UK, 2007. [Google Scholar].
36. Prigogine, I. La fin de la certitude : Time, Chaos and the New Laws of Nature ; The Free Press : New York, NY, USA, 1997. [Google Scholar].
37. Nicolis, G. ; Prigogine, I. Self-Organization in Nonequilibrium Systems : From Dissipative Structures to Order through Fluctuations ; Wiley : New York, NY, USA, 1977. [Google Scholar].
38. Nikiforuk, A. La chorale montante des sceptiques de l'énergie renouvelable. 2023. Disponible en ligne : <https://thetyee.ca/Analysis/2023/04/07/Rising-Chorus-Renewable-Energy-Skeptics/> (consulté le 3 août 2023).

39. Ketchum, C. L'illusion de la croissance verte. 2023. Disponible en ligne : <https://www.truthdig.com/articles/the-green-growth-delusion/> (consulté le 3 août 2023).
40. Cembalest, M. Renewable Rap Battle : Une critique cinglante de l'ouvrage de Mark Jacobson
Proposition de réseau 100 % renouvelable. Document annuel sur l'énergie de J.P. Morgan. 2018. Disponible en ligne : <https://privatebank.jpmorgan.com/content/dam/jpm-wm-aem/global/pb/en/insights/eye-on-the-market/renewable-rap-battle-a-scathing-critique-of-mark-jacobsons-100-renewable-grid-proposal.pdf> (consulté le 3 août 2023).
41. BP Statistical Review of World Energy 2022 (Revue statistique de l'énergie mondiale 2022). British Petroleum. 2022. Disponible en ligne : <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (consulté le 3 août 2023).
42. B. Comment j'en suis venu à croire que la civilisation n'est pas viable : Un guide pratique pour la prise de conscience de l'effondrement. 2022. Disponible en ligne : <https://thehonestsorcerer.medium.com/how-i-came-to-believe-that-civilization-is-unsustainable-12c12ba9f461> (consulté le 4 août 2023).
43. Les députés européens. Dépasser la croissance n'est pas seulement souhaitable, c'est essentiel. Membres du Parlement européen. 2023. Disponible en ligne : <https://www.euronews.com/2023/05/10/moving-beyond-growth-is-not-only-desirable-it-is-essential> (consulté le 4 août 2023).
44. Bradshaw, C.J.A. ; Ehrlich, P.R. ; Beattie, A. ; Ceballos, G. ; Crist, E. ; Diamond, J. ; Dirzo, R. ; Ehrlich, A.H. ; Harte, J. ; Harte, M.E. ; et al. Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future. *Front. Conserv. Sci.* **2021**, 1, 2020. Disponible en ligne : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcosc.2020.615419/full#B31> (consulté le 4 août 2023). [CrossRef]
45. Kemp, L. Sommes-nous sur la voie de l'effondrement de la civilisation ? 18 février 2019. Disponible en ligne : <https://www.bbc.com/future/article/20190218-are-we-on-the-road-to-civilisation-collapse> (consulté le 4 août 2023).
46. Locher, F. Les pâturages de la guerre froide : Garrett Hardin et la "tragédie des biens communs". *Rev. d'histoire Mod. Contemp.* **2013**, 60, 7-36. Disponible en ligne : <https://www.cairn.info/revue-d-histoire-moderne-et-contemporaine-2013-1-page-7.htm> (consulté le 4 août 2023). [Croisée des chemins]
47. Hansen, J. ; Nazarenko, L. ; Ruedy, R. ; Sato, M. ; Willis, J. ; Del Genio, A. ; Koch, D. ; Lacic, A. ; Lo, K. ; Menon, S. ; et al. Earth's Energy Imbalance : Confirmation et implications. *Science* **2004**, 308, 1431-1435. Disponible en ligne : <https://www.science.org/cms/asset/90075ec1-8024-4b90-8674-c9cfc7bb448b/pap.pdf> (consulté le 4 août 2023). [CrossRef] [PubMed]
48. AIE. Subventions à la consommation de combustibles fossiles 2022. Agence internationale de l'énergie. 2023. Disponible en ligne : [https://www.iea.org/fr/subsidies-to-fossil-fuel-consumption-2022](#)

<https://www.iea.org/reports/fossil-fuels-consumption-subsidies-2022> (consulté le 4 août 2023).

49. AIE. Perspectives énergétiques mondiales 2022 - Principales conclusions. Agence internationale de l'énergie. 2022. Disponible en ligne : <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/key-findings> (consulté le 4 août 2023).

50. Spash, C.L. Cela ne change rien : l'accord de Paris ignore la réalité. *Globalizations* **2016**, 13, 928-933. Disponible en ligne : <https://www.clivespash.org/wp-content/uploads/2015/04/2016-Spash-This-Changes-Nothing.pdf> (consulté le 4 août 2023). [CrossRef]
51. Ophuls, W. *Electrifying the Titanic : The Shipwreck of Industrial Civilization ; Bite- Sized Books* : Londres, Royaume-Uni, 2021. [Google Scholar].
52. Seibert, M.K. ; Rees, W.E. Through the Eye of a Needle : Une perspective éco-hétérodoxe sur la transition vers les énergies renouvelables. *Energies* **2021**, 14, 4508. Disponible en ligne : <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/15/4508> (consulté le 4 août 2023). [CrossRef]
53. Clugston, C.O. *Industrialism-Our Commitment to Impermanence* ; Booklocker Publishing : Saint Petersburg, FL, USA, 2023. [Google Scholar].
54. Michaux, S. *L'exploitation des minéraux et les limites de la croissance*. 2021. Disponible en ligne : https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/16_2021.pdf (consulté le 9 août 2023).
55. Dyke, J. ; Watson, R. ; Knorr, W. *Climate Scientists : Le concept de net zéro est un piège dangereux*. 2021. Disponible en ligne : <https://theconversation.com/climate-scientists-concept-of-net-zero-is-a-dangerous-trap-157368> (consulté le 4 août 2023).
56. Spratt, D. ; Dunlop, I. *Net Zero 2050 : Une illusion dangereuse*. 2021. Disponible en ligne : https://52a87f3e-7945-4bb1-abbf-9aa66cd4e93e.filesusr.com/ugd/148cb0_714730d82bb84659a56c7da03fdca496.pdf (consulté le 4 août 2023).
57. Forster, P.M. ; Smith, C.J. ; Walsh, T. ; Lamb, W.F. ; Lamboll, R. ; Hauser, M. ; Ribes, A. ; Rosen, D. ; Gillett, N. ; Palmer, M.D. ; et al. *Indicators of Global Climate Change 2022 : Annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence*. *Earth Syst. Sci. Data* **2023**, 15, 2295-2327. [Google Scholar] [CrossRef]
58. *Climate Reanalyzer*. Disponible en ligne : https://climatereanalyzer.org/clim/t2_daily/ (consulté le 4 août 2023).
59. Nations Unies. *Les plans climatiques restent insuffisants : Des mesures plus ambitieuses sont nécessaires dès maintenant*. 2022. Disponible en ligne : <https://unfccc.int/news/climate-plans-remain-insufficient-more-ambitious-action-need-now> (consulté le 4 août 2023).
60. *Briefing : Le monde va manquer l'objectif climatique totémique de 1,5 °C*. 2022. Disponible en ligne : <https://www.economist.com/interactive/briefing/2022/11/05/the-world-is-going-to-miss-the-totemic-1-5c-climate-target> (consulté le 3 août 2023).
61. *Suivi de l'action climatique (températures)*. *Addressing Global Warming-2100 Warming Projections* (en anglais). Disponible en ligne : <https://climateactiontracker.org/global/temperatures/> (consulté le 4 août 2023).
62. *Tendances du CO₂*. *Global Monitoring Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration*. 2023. Disponible en ligne : <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> (consulté le 4 août 2023).

63. Steffen, W. ; Rockstrom, J. ; Richardson, K. ; Lenton, T.M. ; Folke, C. ; Liverman, D. ; Summerhayes, C.P. ; Barnosky, A.D. ; Cornell, S.E. ; Crucifix, M. ; et al. Trajectoires du système terrestre dans l'anthropocène. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **2018**, 115, 8252- 8259. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115> (consulté le 3 août 2023). [CrossRef] [PubMed]
64. Rees, W.E. Why Large Cities Won't Survive the Twenty-First Century. Dans The Palgrave Encyclopedia of Urban and Regional Futures ; Brears, R., Ed. ; Palgrave Macmillan : Cham, UK, 2022. [Google Scholar] [CrossRef].
65. Nichols, W. Environmental Risk Outlook ; Verisk Maplecroft : Londres, Royaume-Uni, 2021 ; disponible en ligne : https://www.maplecroft.com/insights/analysis/asian-cities-in-eye-of-environmental-storm-global-ranking/#report_form_container (consulté le 3 août 2023).
66. Clugston, C. L'humanité contre la nature - Le gagnant emporte tout ! Free Inquiry 35 juin/juillet 2015. 2015. Disponible en ligne : <https://secularhumanism.org/2015/05/cont-humanity-vs-naturewinner-take-all/> (consulté le 5 août 2023).
67. Toynbee, A.J. A Study of History, version abrégée, original 1934-1961 ; Somervell, D.C., Ed. ; Oxford University Press : Oxford University Press : Oxford, UK, 1987. [Google Scholar].
68. Turchin, P. Historical Dynamics : Why States Rise and Fall ; Princeton University Press : Princeton, NJ, USA, 2003. [Google Scholar].
69. Tainter, J. The Collapse of Complex Societies ; Cambridge University Press : Cambridge, UK, 1988. [Google Scholar].
70. Diamond, J. 2005. Effondrement : Comment les sociétés choisissent d'échouer ou de réussir ; Penguin Books : New York, USA, 2005. [Google Scholar].
71. Gunderson, L.H. ; Holling, C.S. (Eds.) Panarchy : Understanding Transformations in Human and Natural Systems ; Island Press : Washington, DC, USA, 2001. [Google Scholar].
72. Meadows, D.H. ; Randers, J. ; Meadows, D.L. Limits to Growth ; Signet Books (maintenant Penguin Random House) : New York, NY, USA, 1972. [Google Scholar].
73. Smil, V. Extrait d'une interview de J. Watts, "Vaclav Smil : "La croissance doit cesser. Nos amis économistes ne semblent pas s'en rendre compte". 2019. Disponible en ligne : <https://www.theguardian.com/books/2019/sep/21/vaclav-smil-interview-growth-must-end-economists> (consulté le 5 août 2023).
74. Victor, P. Managing without Growth : Slower by Design, Not Disaster, 2e édition ; Edward Elgar Publishing : Cheltenham, UK, 2019. [Google Scholar].
75. Kay, J.J. ; Regier, H.A. Incertitude, complexité et intégrité écologique : Insights from an Ecosystem Approach. Écologie et intégrité mises en œuvre. Disponible en ligne : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-5876-3_9 (consulté le 5 août 2023).
76. O'Sullivan, J. La population mondiale augmente plus vite que nous le pensions. 2022. Disponible en ligne : <https://overpopulation-project.com/world-population-is-growing-faster-than-we-thought/> (consulté le 5 août 2023).

77. Schoch, M. ; Baah, S.K.T. ; Lakner, C. ; Friedman, J. La moitié de la population mondiale vit avec moins de 6,85 USD par personne et par jour. 2022. Disponible en ligne : <https://blogs.worldbank.org/developmenttalk/half-global-population-lives-less-us685-person-day> (consulté le 5 août 2023).

78. Alpert, J. Déclin rapide de la population ou effondrement de la civilisation. 2020. Disponible en ligne : http://skil.org/Qxtras_folder-2/rapidpopdeclineorbust.html (consulté le 5 août 2023).
79. Tucker, C. A Planet of Three Billion ; Atlas Observatory Press : Alexandria, VA, USA, 2019. [[Google Scholar](#)].

Clause de non-responsabilité/Note de l'éditeur : Les déclarations, opinions et données contenues dans toutes les publications sont uniquement celles des auteurs et contributeurs individuels et non celles de MDPI et/ou de l'éditeur. MDPI et/ou le(s) rédacteur(s) décline(nt) toute responsabilité en cas de dommages corporels ou matériels résultant d'idées, de méthodes, d'instructions ou de produits mentionnés dans le contenu.

© 2023 par l'auteur. Licencié MDPI, Bâle, Suisse. Cet article est un article en libre accès distribué selon les termes et conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Partager et citer

Style MDPI et ACS

Rees, W.E. L'écologie humaine du dépassement : Why a Major "Population Correction" Is Inevitable (L'écologie humaine du dépassement : pourquoi une "correction démographique" majeure est inévitable). *World* **2023**, *4*, 509-527.
<https://doi.org/10.3390/world4030032>

Style AMA

Rees WE. L'écologie humaine du dépassement : Pourquoi une "correction démographique" majeure est inévitable. *Monde*. 2023 ; 4(3):509-527.
<https://doi.org/10.3390/world4030032>

Style Chicago/Turabia

Rees, William E. 2023. "L'écologie humaine du dépassement : Pourquoi une 'population' majeure
La 'correction' est inévitable" *Monde* 4, no. 3 : 509-527.
<https://doi.org/10.3390/world4030032>

Trouver d'autres styles

Métriques de l'article

Citations

Aucune citation n'a été trouvée pour cet article, mais vous pouvez vérifier sur [Google Scholar](#).

Statistiques d'accès aux articles

Les demandes multiples provenant de la même adresse IP sont comptabilisées comme une seule vue.