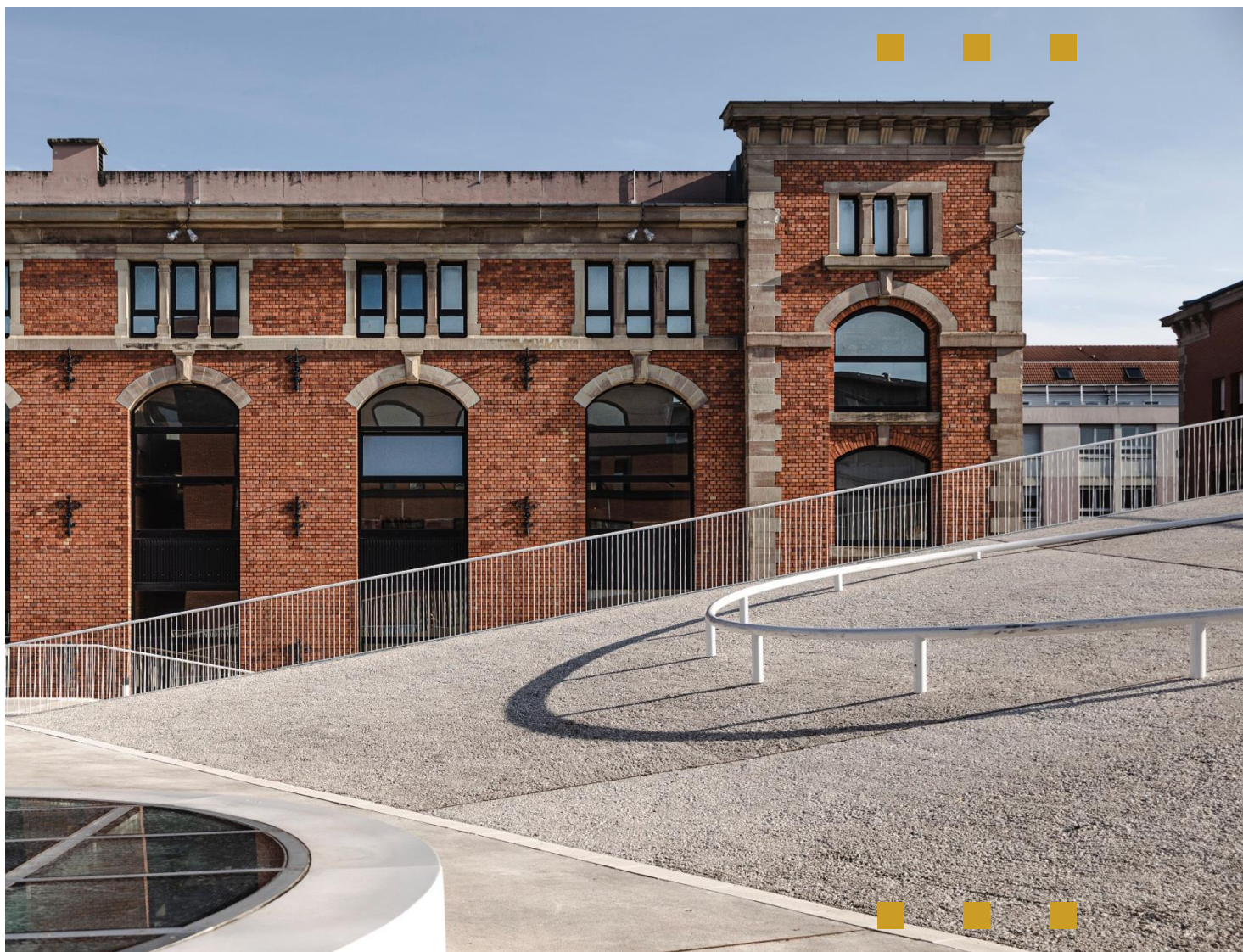




Contexte climatique & environnemental

P. BELTRAMELLO, A. PEREIRA
PÜNDRICH



Sommaire

1.1 Définitions

- 1.1. Définition de la thématique du dossier
- 1.2 Lien avec le sujet/questions clés pour ses avenir
- 1.3 . Questions clés pour ses avenir

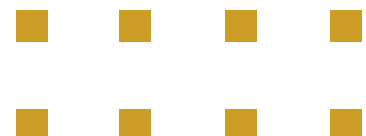
2. Analyse rétrospective

- 2.1. Dynamiques passées
- 2.2. Dynamiques en cours

3. L'exploration prospective

- 3.1. Tendances lourdes
- 3.2. Incertitudes majeures
- 3.3. Controverses
- 3.3. Germes de changement / faits porteurs d'avenir
- 3.5. Ruptures

4. Références





1. Définitions

1.1 Définition de la thématique du dossier

La question du climat

Le contexte climatique et environnemental est de plus en plus marqué par le changement climatique qui englobe l'éventail des trajectoires possibles du réchauffement planétaire et des conséquences pour les systèmes terrestres ainsi que pour les dynamiques socio-économiques. Ces changements amènent à des aléas qui sont interconnectés et qui peuvent amplifier mutuellement leurs effets, créant des défis pour structurer les efforts de transition, d'adaptation et d'atténuation (IPCC, 2022).

En fait, le contexte climatique et environnemental global évolue selon des relations complexes entre les macro-systèmes qui soutiennent la vie sur Terre. Brièvement, si l'on considère la Terre comme un système thermodynamiquement fermé (Georgescu-Roegen, 1971), au-delà de l'épuisement des ressources/matériaux, l'équilibre entre l'énergie entrante et sortante du soleil de termine sa température et ses schémas climatiques. L'effet de serre est ainsi un processus naturel essentiel au climat habitable sur la Planète. L'importance des émissions anthropiques de CO₂ réside dans leur contribution significative au changement de cette équilibre (SDES, 2023).

Ainsi, le changement climatique, associé à la destruction des habitats, la pollution et la surexploitation des ressources, entraîne une perte de biodiversité affectant les services écosystémiques (IPCC, 2022). Le réchauffement climatique modifie ainsi le cycle et la gestion de l'eau, qui est une ressource environnementale primaire pour le développement des activités vitales qui régulent les écosystèmes et qui affectent les migrations des animaux et des humains (World Bank, 2023).

Finalement, les points de basculement climatique, aussi nommées « tipping points » se réfèrent à des seuils critiques des systèmes terrestres pouvant entraîner des changements significatifs et irréversibles dans le climat et l'environnement. En fait, la nature systémique et interconnectée du changement climatique et de ses impacts implique de multiples facteurs et boucles de rétroaction qui rend chaotique et difficilement prévisible l'échéance et l'ampleur des changements (IPCC, 2022; IPCC, 2023).

L'impact de l'homme sur le climat

Le changement climatique est d'origine anthropique, soit une conséquence des activités humaines dans la modification du système climatique de la Terre (IPCC, 2022, 2023). Face à cette évidence, la transition écologique vise à placer les grands enjeux environnementaux (changement climatique, rareté des ressources, perte de biodiversité, risques sanitaires environnementaux) au centre du modèle économique et social de la société (OPCO2i, 2022). Une information correcte et efficace et, à son tour, une compréhension appropriée de la complexité du CC affecte grandement la volonté et la capacité des systèmes sociaux à répondre aux problèmes structurels qu'y sont liés (Espargilière, 2022; Quef, 2023; WEF, 2024). Afin de faciliter la compréhension de ce phénomène et d'agir en conséquence, différents concepts ont été élaborés, comme celui de « limites planétaires » (planetary boundaries), qui fait référence aux limites dans lesquelles les activités humaines devraient s'inscrire pour maintenir un système terrestre stable et durable. De l'autre côté, le « dépassement » (overshooting) concerne l'excès de ces limites, tel que le dépassement des niveaux acceptables d'émissions de gaz à effet de serre ou l'épuisement de ressources (Steffen et al., 2015).



1.2 Lien avec le sujet/questions clés pour ses avenir

L'économie circulaire et ses enjeux

La crise climatique et environnemental pousse l'industrie à adopter des pratiques de transition vers un modèle de développement plus durable, influençant les dynamiques réglementaires et de marché, et s'alignant sur les valeurs sociétales et éthiques. Ainsi, le modèle d'économie circulaire émerge comme une solution durable, réduisant la dépendance aux ressources vierges et minimisant les impacts environnementaux, notamment à travers des avancées technologiques qui facilitent cette transition comme, par exemple, l'amélioration du processus de recyclage et de récupération des matériaux.

La transition vers une économie circulaire est cruciale pour atteindre les Objectifs de Développement Durable des Nations Unies (ODD UN), bien que les preuves empiriques sur son efficacité restent limitées (D'Amato et al., 2017; Giampietro, 2019; Corvellec et al., 2021), et les résultats récents sont assez décevants, vu que seulement 18% des objectifs des ODD sont susceptibles d'être atteints au niveau mondial d'ici à 2030 (Sachs et al., 2023). L'économie circulaire contribue notamment à réduire les émissions de CO₂ à travers l'élimination des déchets et la conservation de l'énergie incorporée dans les produits. Malgré les doutes liés à son efficacité (D'Amato et al., 2017), l'EC constitue une approche clé pour la transition écologique (Hailemariam & Erdiaw-Kwasie, 2023).

Les transitions écologique et énergétique

Sachant que nous transformons des ressources en produits et en services, et que chaque transformation requiert l'utilisation d'énergie, la production économique est liée à la quantité d'énergie ajoutée dans le système (Kahraman, 2014). Ainsi, la transition énergétique est un volet majeur de la transition écologique dans la lutte contre le dérèglement climatique. La transition énergétique consiste en une modification profonde des modes de production, de distribution et de consommation de l'énergie pour atteindre les objectifs de décarbonation (OPCO2i, 2022).

A son tour, la rénovation énergétique renouvelle les façons de consommer, produire, travailler ou encore de vivre ensemble en vue du bien-être du plus grand nombre, tout en préservant celui des générations futures (OPCO2i, 2022).

2. Analyse rétrospective

2.1 Dynamiques passées

La Révolution Industrielle et la relation entre l'homme et l'environnement

L'origine du changement climatique moderne remonte à la Révolution Industrielle, caractérisée par une augmentation significative des émissions de gaz à effet de serre, principalement dues à la combustion de combustibles fossiles, à la déforestation et aux activités industrielles. Cette ère a marqué une déviation par rapport aux tendances climatiques historiques, catalysant une série de transformations environnementales aux impacts étendus (Lundstad et al., 2023).



L'ampleur des changements terrestres du développement industriel est reconnu par la communauté scientifique à la hauteur d'un changement d'époque géologique : de l'Holocène, soit une période géographique interglaciaire au cours de laquelle l'humanité s'est développée au cours des 12 000 dernières années, à l'Anthropocène, une nouvelle époque géologique qui se caractérise par l'avènement des hommes comme principale force de changement sur Terre (Gemenne et Denis, 2019). Cela suppose un changement fondamental dans la relation entre les humains et l'environnement naturel car il reconnaît la force active et perturbatrice de l'homme pour déterminer le fonctionnement du système terrestre. Les modèles de développement économique, en particulier la dépendance à un modèle de croissance intensif en carbone, ont ainsi joué un rôle significatif dans l'escalade des aléas climatiques (Crutzen, 2006; Steffen et al., 2011).

L'impact de l'industrie sur l'environnement

L'expansion industrielle a un impact significatif sur l'environnement en contribuant à la déforestation et à l'érosion de la biodiversité, à une pollution significative, avec des émissions de gaz à effet de serre et des effluents qui contaminent l'air, l'eau et les sols. L'industrie est également un grand consommateur d'eau, ce qui pose des défis pour la gestion durable des ressources hydriques, surtout dans les zones arides. La gestion des déchets industriels pose aussi un problème majeur, avec des risques pour la santé humaine et l'environnement dus à la contamination par des déchets toxiques (IPCC, 2022). Les tendances des dernières années révèlent une consommation croissante de matériaux, avec la consommation mondiale ayant presque triplé depuis 1970, principalement due à l'expansion industrielle (Ritchie et al., 2023).

Les émissions industrielles ont augmenté plus rapidement depuis 2000 que celles de tout autre secteur, principalement en raison de l'augmentation de l'extraction et de la production de matériaux de base. En 2019, les émissions industrielles représentaient 34% des émissions globales, faisant de l'industrie l'un des plus grands émetteurs de GES. L'utilisation d'énergie industrielle par tonne de matériaux extraits a diminué de 15% en 2010-2019, accélérée par les prix élevés de l'énergie (plus 2,4% par an en 2014-2019) (Bashmakov et al., 2022).

A niveau européen, l'impact de l'industrie sur l'environnement a diminué au cours des dernières décennies, notamment grâce à la mise en place d'un cadre réglementaire plus stricte. Par exemple, la Directive relative aux Emissions Industrielles (DEI) et sur l'écoconception imposent des obligations pour minimiser les émissions polluantes et à améliorer l'efficacité énergétique des appareils. En plus, le Système d'échange de quotas d'émission (SEQE) mise en place par l'UE cherche à réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie et de l'aviation, couvrant environ 45 % des émissions de l'UE tandis que le Registre européen des rejets et des transferts de polluants (PRTR européen) offre une transparence accrue en fournissant des données sur les émissions industrielles. En plus, l'UE encourage les pratiques de gestion environnementale à travers des systèmes comme l'EMAS et la norme ISO 14001, et des initiatives telles que « Responsible Care » et le réseau CSR Europe. Ces efforts combinés illustrent l'engagement durable de l'UE à réduire les impacts environnementaux de l'industrie. Cependant, malgré ces améliorations, l'industrie continue à avoir un impact important sur notre environnement, en termes de pollution et de déchets générés par ce secteur (EEA, 2022).

La plastique : un défi qui reste à relever

Depuis l'avènement des matières plastiques dans les années 1950, leur production industrielle a connu une croissance exponentielle, avec une dépendance marquée aux combustibles fossiles. Plus de 99 % de la production mondiale de plastique repose actuellement sur des ressources fossiles, un modèle non durable qui pose de sérieux défis environnementaux. Cette forte dépendance est d'autant plus problématique que la production de plastique est associée à des émissions importantes de gaz à effet de serre, notamment le CO₂, le méthane et l'oxyde nitreux, dues à l'intensité énergétique des processus pétrochimiques. Le recyclage du plastique reste insuffisant, avec seulement 9 à 10 % des matériaux plastiques recyclés efficacement. Ce faible



taux de recyclage s'explique par la complexité des polymères, la contamination des déchets plastiques, et le manque d'infrastructures de recyclage appropriées. Cette situation est aggravée par le fait que les systèmes de gestion des déchets ne sont souvent pas adaptés pour traiter les plastiques de manière efficace, ce qui limite encore plus les possibilités de réduction des déchets plastiques dans l'environnement.

Finalement, les rapporteurs aux GIEC 2022 (Bashmakov et al., 2022) montrent une augmentation constante de la production de plastique au cours des dernières décennies, entraînant une augmentation concomitante des émissions de GES associées. Malgré le développement de bioplastiques, produits à partir de ressources renouvelables comme les plantes ou les micro-organismes et une prise de conscience croissante des impacts environnementaux, les progrès sont lents et les défis techniques et économiques restent considérables (Bashmakov et al., 2022).

L'impact ambivalent de l'innovation et des technologies sur la planète

Depuis les années 1970, l'hyperconsommation et l'innovation sont au cœur de la croissance et du modèle capitaliste, ce qui fait que la société moderne se base en très grande partie sur la consommation des ménages et des entreprises (Lipovetsky, 2003). Dans une époque désormais d'abondance, la croissance est portée par des vagues d'innovations successives qui peuvent augmenter l'utilisation des ressources alors que d'autres pourront aider à mitiger les effets néfastes de cette consommation excessive (Sehnem et al., 2022).

Dans le premier cas, par exemple, les technologies numériques induisent des flux de données gigantesques, la multiplication de datacenters, le déploiement de câbles sous-marins, entre autres besoins pour leur fonctionnement. Ce faisant, elles mobilisent déjà 10% de l'électricité produite dans le monde et rejettent près de 4% des émissions globales de CO₂, soit un peu moins du double du secteur civil aérien mondial (Kahraman, 2018; Tran, 2023). Sous une perspective plus avantageuse pour la planète, l'innovation peut permettre de consommer différemment en travaillant sur l'ensemble du cycle de vie des biens grâce aux principes d'éco-conception, à une approche low-tech ou en mettant en oeuvre des modèles basés sur l'économie circulaire.

En fait, tout en offrant des solutions pour réduire les émissions et s'adapter aux impacts climatiques, le progrès technologique a également contribué au problème. Les avancées dans les technologies de forage et d'extraction, par exemple, ont facilité et rendu plus économique l'extraction des combustibles fossiles, tout en perpétuant leur utilisation (Nunez, 2022). Ainsi, même si certaines innovations permettent d'aller vers une meilleure sobriété énergétique (véhicules électriques, énergies renouvelables, digitalisation des activités tertiaires, entre autres), un raisonnement systématique complexe est nécessaire pour que cela puisse fonctionner vu que, si le nombre de véhicules électriques augmente, il est également nécessaire d'augmenter considérablement la production d'électricité (Moreira, 2021 ; IEA, 2024). Ceci oblige à une prise en compte des externalités négatives directes et indirectes de telles mesures, ce qui peut mener à des discussions assez polarisées, comme la place du nucléaire dans la société actuelle, par exemple (Pe cout, 2023 ; IEA, 2024).

Les actions politiques

L'adoption, en 2015, de l'Agenda 2030 pour le développement durable par tous les Etats membres de l'ONU fournit un schéma directeur commun pour la paix et la prospérité des populations et de la planète, aujourd'hui et à l'avenir (UN, 2023). Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) qui s'y trouvent constituent un appel urgent à l'action de tous les pays développés et en développement pour la reconnaissance que l'élimination de la pauvreté et des autres privations doit aller de pair avec des stratégies visant à améliorer la santé et l'éducation, à réduire les inégalités et à stimuler la croissance économique, tout en s'attaquant au changement climatique et en oeuvrant à la préservation des océans et des forêts (UN, 2015).

À l'échelle européenne, le Pacte Vert pour l'Europe (European Green Deal), mis en oeuvre le 14 juillet 2019, propose une stratégie de croissance visant la neutralité carbone de l'Europe à l'horizon 2050, la protection de



toutes formes de vie en réduisant la pollution, l'aide aux entreprises dans l'adoption d'une production et des technologies propres, ainsi qu'une insertion juste et inclusive (CE, 2019).

L'émergence de récits scientifiques et de mouvements écologistes internationaux

Au cours de la dernière décennie, la prise de conscience et l'engagement concernant le changement climatique ont connu une croissance significative, manifestée par l'évolution des récits sur le changement climatique, un intérêt accru de la communauté scientifique, et une mobilisation des mouvements sociaux écologistes (Diderot, 2020 ; PRC, 2021). La création du « Jour du de passemment de la Terre » (Earth Overshoot Day), par exemple, vulgarise de manière frappante la rapidité avec laquelle l'humanité consomme les ressources naturelles de la planète au-delà de sa capacité à les régénérer. A titre d'illustration, en 2010 ce jour était marqué le 8 août, tandis qu'en 2019, il s'était avancé au 29 juillet, révélant ainsi une détérioration alarmante de notre empreinte écologique (Earth Science Data Systems, 2024).

Parallèlement, l'intérêt de la communauté scientifique pour les thématiques de la transition écologique, de l'Anthropocène et de l'économie circulaire a explosé. Le nombre d'articles scientifiques publiés sur ces sujets témoigne de cette tendance (Roka, 2020 ; Eickhoff, 2024). Les agences de financement gouvernementales et privées ont augmenté leur soutien aux projets de recherche axés sur la transition écologique (Lavenier et al., 2023). Par exemple, le Programme-cadre de l'Union Européenne pour la recherche et l'innovation, Horizon 2020 a alloué des milliards d'euros à des projets liés au climat, à l'environnement, et à la transition énergétique, une tendance qui se poursuit avec Horizon Europe (2021-2027). Cette augmentation reflète non seulement une prise de conscience de l'ampleur du problème mais aussi une volonté croissante de la part de la communauté académique de contribuer à trouver des solutions.

Au niveau de la mobilisation civile, de plus en plus de mouvements sociaux écologistes cherchent à influencer l'évolution de la dynamique sociale autour du changement climatique. Par exemple, le mouvement Fridays for Future, initié par la jeune activiste Greta Thunberg, a su mobiliser des millions de jeunes à travers le monde, notamment par les manifestations et l'organisation de grèves scolaires en faveur du climat (Euronews Green, 2023). À son tour, le mouvement Extinction Rebellion¹ fait recours à la désobéissance civile pour attirer l'attention sur l'urgence climatique.

Cette dernière décennie marque ainsi un tournant dans la manière dont le changement climatique est perçu et abordé, avec une mobilisation transversale qui reflète l'urgence et la complexité de la crise climatique.

2.2 Dynamiques en cours

Progression du changement environnemental

Au cours de la dernière décennie, le changement environnemental global a continué à s'accélérer, marqué par des indicateurs clés qui reflètent des modifications profondes dans l'atmosphère, l'océan, la cryosphère et la biosphère (IPCC, 2023). De 2010 à 2019, les émissions mondiales de gaz à effets de serre (GES) ont augmenté de manière significative : en 2019, les émissions étaient 12% plus élevées qu'en 2010 et 54% plus élevées qu'en 1990.

La température a augmenté de manière significative à l'échelle mondiale, exacerbant les conditions propices aux événements extrêmes tels que les vagues de chaleur (SDES, 2023) et la fréquence des tempêtes, ouragans,

¹ <https://extinctionrebellion.fr/>



inondations et sécheresses. La fréquence et l'intensité des feux de forêt ont augmenté, dévastant de vastes étendues de terres, détruisant des habitats, et ayant des répercussions directes sur la qualité de l'air et la santé humaine. L'intensification du cycle hydrologique due au réchauffement climatique entraîne des précipitations plus intenses et des événements d'inondation plus fréquents et plus graves. Les risques d'inondations augmentent aussi, endommageant les infrastructures et les bâtiments. Au cours des deux dernières décennies, les inondations et les sécheresses, deux des conséquences les plus dévastatrices de la crise climatique, ont frappé 3 milliards de personnes, et entraîné de lourdes souffrances et d'énormes pertes économiques (World Bank, 2021). La fonte accélérée des glaciers contribue à l'élévation du niveau de la mer, menaçant les zones côtières peuplées, et affectant les ressources en eau douce pour des milliards de personnes. Les glaciers de référence montrent une perte de masse continue et significative, signalant des changements profonds dans les systèmes hydriques mondiaux.

Bien que des progrès aient été réalisés dans la planification et la mise en oeuvre de mesures d'adaptation, les écosystèmes tropicaux, côtiers, polaires et montagneux ont atteint des limites d'adaptation « dures » ou celle-ci n'est plus possible.

La mise en place des stratégies NetZero pour la décarbonation de l'industrie

Le concept de NetZero, centré sur l'atteinte de zéro émission nette de gaz à effet de serre, a émergé dans les dernières années comme une réponse vitale aux défis urgents du changement climatique. Initialement popularisé dans le cadre de l'Accord de Paris en 2015, ce concept a depuis guidé les stratégies de décarbonation à l'échelle mondiale, soulignant la nécessité de réduire radicalement les émissions de gaz à effet de serre pour limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels. La mise en oeuvre de cette stratégie NetZero dans le secteur industriel implique une série d'actions coordonnées et de réformes à travers les niveaux politique, industriel et financier (IEA, 2023a).

Au niveau politique, les gouvernements ont adopté des cadres législatifs qui exigent des réductions d'émissions et promeuvent les énergies renouvelables. Ces réglementations sont renforcées par des incitations économiques et des politiques de soutien à l'innovation technologique, telles que le développement de solutions de capture et de stockage du carbone, essentielles pour traiter les émissions résiduelles des processus industriels (EEA, 2022).

Dans ce cadre, les entreprises sont encouragées à transformer leurs opérations et à adopter des technologies énergétiques plus propres, notamment à travers l'électrification des processus de production, mais aussi une amélioration significative de l'efficacité énergétique et l'adoption de pratiques d'économie circulaire pour minimiser l'utilisation des ressources et les déchets (IEA, 2023b). Pour s'inscrire dans une logique NetZero, les industries lourdes comme la sidérurgie et la cimenterie, traditionnellement parmi les plus polluantes, investissent dans des technologies innovantes pour réduire leurs empreintes carbone (Bashmakov et al., 2022). Le financement de la transition vers NetZero est également crucial, avec un rôle accru des institutions financières qui intègrent des critères de durabilité dans leurs décisions d'investissement. Ce soutien financier est complété par des fonds publics destinés à la recherche et au développement de nouvelles technologies de décarbonation. Finalement, un engagement coordonné est essentiel pour transformer les industries mondiales et atteindre les objectifs de développement durable tout en luttant efficacement contre le changement climatique (IEA, 2023a).

Instabilité géopolitique et impact écologique

La guerre en Ukraine a provoqué une crise énergétique mondiale. Quelque 75 millions de personnes n'ont plus les moyens de s'offrir des services d'électricité étendus, et 100 millions sont confrontées à la flambée des prix du gaz de pétrole liquéfié (IEA, 2022). Face à l'interruption des approvisionnements en gaz naturel russe, de nombreux pays européens ont dû chercher des alternatives pour sécuriser leur approvisionnement énergétique par un recours accru aux combustibles fossiles, comme le charbon, pour compenser rapidement les déficits



(Kammer et al., 2022). L'Allemagne, par exemple, qui s'était engagée dans un processus de sortie du nucléaire (Energiewende) avec la fermeture programmée de toutes ses centrales nucléaires bien avant la guerre en Ukraine, a dû réévaluer sa stratégie énergétique dans ce contexte de crise. Malgré son engagement, l'Allemagne a temporairement réactivé certaines de ses centrales à charbon et réouvert le débat sur le rôle de l'énergie nucléaire. Bien que considérée comme une source d'énergie à faible émission de carbone, sa classification comme énergie « verte » reste débattue en raison des questions de sécurité et de gestion des déchets radioactifs (Livet, 2022). La guerre en Ukraine et les tensions internationales qui en découlent ont provoqué donc un réalignement des priorités globales, mettant notamment en lumière les défis liés à la sécurité énergétique et impactant indirectement les efforts dédiés aux questions environnementales.

En plus, le conflit en Ukraine montre bien la catastrophe écologique représentée par une guerre. Le bilan carbone de l'invasion russe en Ukraine est estimé à 150 millions de tonnes d'émissions équivalent CO₂, plus que celui de la Belgique en un an (Meunier & Que nard, 2024). Les armes, les munitions et les tactiques de guerre peuvent entraîner des catastrophes environnementales, vu qu'elles laissent derrière elles des résidus toxiques et des métaux lourds qui contaminent les sols et les ressources en eau. En Ukraine, plus de 2400 crimes environnementaux ont été recensés (Meunier & Que nard, 2024).

Politiques environnementales erratiques et leadership global

À mi-parcours de l'échéance de 2030, la mise en œuvre des ODD est trop lente, voire régresse dans certains domaines tels que l'action climatique, la perte de biodiversité et les inégalités avant la pandémie (Ro, 2022). L'humanité risque de connaître des périodes prolongées de crise et d'incertitude déclenchées par la pauvreté, l'inégalité, la faim, la maladie, les conflits et les catastrophes si l'on ne corrige pas d'urgence le tir et si l'on n'accélère pas la mise en œuvre des objectifs du millénaire pour le développement (IGS, 2023).

A cette fin, les Conférences des Parties (COP) ont le rôle principal d'évaluer les effets des mesures prises par les différents pays (les « Parties ») et les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de la Convention pour le Climat (CCNUCG, s.d.). Malgré leur contribution pour les discussions et les actions envers la planète (CUE, 2023), ces réunions ont été récemment la source de quelques controverses, notamment au niveau de leur leadership, conduit par des pays ayant des intérêts politico-économiques très spécifiques. C'est le cas de la COP28, à Dubaï, dont la présidence était assurée par Ahmed al-Jaber, ministre de l'industrie émirati et PDG de la compagnie pétrolière Abu Dhabi National Oil Company ; ou encore la COP 29, qui aura lieu en novembre 2024 en Azerbaïdjan, et dont le président sera également un ministre de l'écologie ayant un long passé dans le secteur pétrolier (Le Monde/AFP, 2024).

Ces sujets provoquent des critiques et renforcent un questionnement croissant de la part de quelques secteurs de la société à propos de la légitimité de certaines institutions, comme les COP, mais aussi de la science et même de la démocratie (Contessa, 2022 ; TAP, 2024). De plus, on assiste ces dernières années à une ascension du climato-scepticisme, avec 36% de la population mondiale qui conteste les origines humaines du changement climatique (Ipsos, 2023), et la montée des politiques d'extrême-droite (Paillassa, 2024) illustrées par des figures comme Jair Bolsonaro (Le Monde/AFP, 2024), au Brésil, et Donald Trump, aux Etats Unis (Courrier International, 2023).

Mésinformation et clivage sociaux

La désinformation et la mésinformation sont des préoccupations croissantes au niveau mondial, car elles peuvent saper la confiance envers les institutions, influencer les élections, inciter à des troubles sociaux et polariser les sociétés (WEF, 2024). Cette tendance inquiétante est davantage amplifiée par les avancées technologiques et s'adapte à l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes. Facebook, par exemple, a été critiqué pour ne pas avoir appliqué ses politiques de vérification des faits aux publications jugées d'opinion ou de satire, permettant ainsi la diffusion de la désinformation climatique (Turrentine, 2022).



Des clivages sociaux en réponse aux mesures de transition écologique ont également pris une importance croissante dans plusieurs pays européens ces dernières années : le mouvement des gilets jaunes, émerge en France fin 2018 en réponse à une hausse des taxes sur le carburant et présente comme une mesure pour encourager la transition écologique vers des modes de transport moins polluants, en est un exemple. Rapidement, ce mouvement s'est transformé en une contestation plus large contre le coût de la vie, la disparité économique, et les politiques du gouvernement jugées déconnectées des réalités des classes moyennes et laborieuses (Boussena, 2024). Plus récemment, les agriculteurs ont protesté à travers l'Europe, notamment contre des réglementations jugées trop contraignantes et économiquement insoutenables pour leurs exploitations (Se mat, 2024). Ces tensions ont révélé les défis inhérents à la mise en oeuvre de politiques écologiques dans des contextes économiques et sociaux diversifiés (Schlienger et Blombou, 2024).

3. L'exploration prospective

3.1 Tendances lourdes

Engagement pour la transition énergétique (franco-européen)

La transition énergétique implique, pour l'ensemble de l'économie une baisse globale de la consommation d'énergie via l'efficacité énergétique et la sobriété ; un remplacement progressif des énergies fossiles par des énergies bas carbone à travers la diversification des sources ; ainsi qu'une maîtrise de la consommation des ressources (OPCO2i, 2022).

Dans le cadre de la transition énergétique, la France devra réduire sa consommation de 40% d'ici à 2050 (OPCO2i, 2022). Pour ce faire, une diversification du bouquet énergétique pour remplacer les énergies fossiles, avec des marges de manoeuvre contraintes est nécessaire. Celle-ci passe par un mix énergétique qui soit plus diversifié qu'aujourd'hui, de façon à remplacer presque intégralement l'énergie carbonée en usage direct et indirect par celle décarbonée, ainsi que par l'approvisionnement énergétique reposant à plus de 70 % sur les énergies renouvelables en 2050 (ADEME, 2021). Dans un tel contexte, l'industrie aura un rôle clé à jouer dans cette transition, tant via l'évolution de ses process (électrification, amélioration de l'efficacité ...), de ses services (efficacité énergétique) ou de ses produits (production d'énergie, équipements de production d'énergie, produits efficaces, isolants, entre autres (OPCO2i, 2022).

A travers la mise en oeuvre de réglementations strictes et la promotion de l'innovation technologique, l'UE vise à remodeler son paysage industriel pour répondre aux défis environnementaux contemporains. Au coeur de cette transformation, la Directive relative aux Émissions Industrielles (DEI) impose des contrôles renforcés sur les émissions industrielles, favorisant l'adoption des meilleures techniques disponibles. Cette tendance à la régulation stricte est également appuyée par des réductions obligatoires des principaux polluants atmosphériques imposées par la directive sur les installations de combustion moyennes.



En parallèle, le système d'échange de quotas d'émission (SEQE) de l'UE illustre une stratégie proactive pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, avec un objectif de diminution de 43 % d'ici 2030. A plus long terme, des initiatives telles que la Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources et le paquet «Economie circulaire» esquissent une vision où l'économie européenne serait moins dépendante des ressources naturelles et viserait une réduction substantielle des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 (EEA, 2022). Cette évolution vers une industrie moins polluante et plus efficace en termes de ressources est non seulement un mode le pour le développement durable en Europe mais aussi une norme que d'autres régions pourraient adopter à l'avenir, affirmant ainsi le rôle de l'UE comme leader dans la lutte contre le changement climatique et la promotion de la durabilité industrielle.

Progression des effets des aléas climatiques

Le changement climatique d'origine humaine a augmenté la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur depuis les années 1950, et il augmentera encore à cause d'un réchauffement supplémentaire (IPCC, 2023). Le seuil de 1,5°C au-dessus des températures préindustrielles, défini dans l'Accord de Paris de 2015, devrait être franchi au début ou au milieu des années 2030. En fait, les scénarios socio-économiques montrent que le niveau de réchauffement global de 1.5 °C par rapport à l'ère pré-industrielle sera atteint dès le début des années 2030, et ce quels que soient les efforts de réduction immédiate des émissions mondiales de CO2 (IPCC, 2023). Sachant que les trajectoires du réchauffement global seront influencées par la rapidité de la décarbonisation et le déploiement de solutions climatiques, la dégradation des systèmes environnementaux pourrait également accélérer les trajectoires estimées, au point qu'ils contribueront « naturellement » au réchauffement global et à ses effets connexes (WEF, 2024).

Résilience du modèle économique traditionnel

Malgré la connaissance et les alertes des groupes sociaux écologistes par rapport aux effets catastrophiques de la croissance d'une économie globale fondée sur la consommation dans une planète finie (Lacroux, 2023), le modèle économique dominant montre sa résilience. Bien que les comportements écologiques et responsables soient mis en avant comme paradigme de vertu sociale, notamment par le concept de sobriété, le même changement de modèle avancé n'affecte pas la logique économique qui pousse vers la consommation et le gain individuel.

Tendance démographique et migrations climatiques

La tendance démographique est une variable cruciale pour les années à venir. Avec une population mondiale dépassant 8 milliards, la demande en ressources, notamment en énergie, nourriture et eau, a augmenté, entraînant plus d'émissions de gaz à effet de serre et une exploitation accrue des ressources naturelles, une situation qui aggrave la dégradation environnementale et les impacts du changement climatique. Toutefois, un ralentissement de la croissance, avec un pic attendu vers 10,4 milliards d'ici la fin du siècle, est observée (Roser et Ritchie, 2023). Le fossé démographique s'élargit, avec des implications pour les systèmes socio-économiques et politiques. L'Asie domine la croissance démographique, tandis que l'Afrique présente des défis politiques uniques, avec une population représentant 42% de la jeunesse mondiale d'ici 2030 (WEF, 2024).

L'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes et la détérioration des conditions de vie poussent de plus en plus de personnes à quitter leur lieu de vie actuel. Les populations pauvres, n'ayant souvent pas les



ressources nécessaires pour s'adapter sur place, sont plus susceptibles d'entreprendre des migrations forcées, soit à l'intérieur de leur pays, soit vers d'autres, à la recherche de meilleures opportunités et de conditions de vie plus sûres. La Banque Mondiale estime que, d'ici 2050, le changement climatique pourrait contraindre 216 millions de personnes à migrer à l'intérieur de leur propre pays (Clement et al., 2021) tandis que, à présent, environ 21,6 millions de personnes sont de place es chaque année en raison de dangers climatiques (WEF, 2024). Finalement, le changement climatique crée des conditions environnementales de plus en plus inhospitalières, poussant les populations à migrer pour éviter les risques et chercher de meilleures opportunités ailleurs. Ces migrations climatiques seront probablement massives dans le futur.

3.2 Incertitudes majeures

Effets du réchauffement climatique sur les services écologiques

Selon les estimations, le réchauffement de la planète atteindra 1,27°C en février 2024. Si la tendance au réchauffement observée depuis 30 ans se poursuit, celui-ci atteindra 1,5 °C en août 2033 (Copernicus, 2023). Dans un tel contexte, l'apparition et la répartition des ravageurs, des mauvaises herbes et des maladies devraient augmenter, amplifiées par les événements extrêmes induits par le changement climatique (sécheresses, inondations, vagues de chaleur et incendies de forêt), avec des conséquences négatives pour la santé des écosystèmes, la sécurité alimentaire, la santé humaine et les moyens de subsistance (IPCC, 2023).

À ce propos, les vagues de chaleur augmentent les risques pour la sécurité alimentaire dans les régions vulnérables (IPCC, 2023), alors que, déjà, plus de 780 millions de personnes, soit environ 11 % de la population mondiale, n'ont pas accès à une eau propre et sûre (WMO, 2023). Les ressources en eau sont soumises à des contraintes et l'augmentation de la demande accentue la pression, tandis que le changement climatique accroît la variabilité du cycle de l'eau, provoquant des événements météorologiques extrêmes, réduisant la prévisibilité de la disponibilité de l'eau et affectant sa qualité (WMO, 2023).

Leadership global & COP

Une probable réélection de Donald Trump aux Etats-Unis en 2024 (Bickerton, 2024) pourrait avoir des conséquences néfastes sur la progression des discussions et l'adoption de mesures pour une transition écologique et énergétique à l'échelle mondiale.

Allons-nous suivre les intérêts pétroliers ou bien cette industrie va t-elle s'adapter aux changements nécessaires pour la planète ? Les producteurs de pétrole et de gaz ne représentent que 1 % du total des investissements dans les énergies propres à l'échelle mondiale, et plus de 60 % de ces investissements proviennent de quatre entreprises seulement, sur les milliers de producteurs de pétrole et de gaz qui existent aujourd'hui dans le monde (IEA, 2023). Pour l'instant, l'industrie pétrolière et gazière dans son ensemble est une force marginale dans la transition mondiale vers un système d'énergie propre (IEA, 2023).

Une exploitation « circulaire » des ressources

Près de 20% des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) sont liées à des secteurs difficiles à décarboner, comme le fer et le ciment. Cependant, 40% des émissions de GES provenant de l'acier, de l'aluminium, du ciment et des plastiques peuvent être réduites grâce à des mesures circulaires, nécessitant une coalition entre industries le long de la chaîne de valeur. La transition vers une économie circulaire pourrait ainsi réduire les GES de 39% et



diminuer la pression sur les matériaux vierges de 28%. Toutefois, l'effet d'une économie circulaire sur les émissions de carbone reste ambigu, avec des impacts positifs, négatifs et non significatifs observés (Hailemariam et Erdiaw-Kwasie, 2023). La controverse sur les résultats de l'économie circulaire est peut-être due aux mécanismes complexes par lesquels elle influence les émissions de carbone. Certains chercheurs ont observé que les systèmes cycliques consomment des ressources et provoquent des déchets et des émissions en raison de l'énergie nécessaire à leur fonctionnement (Corvellec et al., 2021 ; Haas et al., 2015 ; Korhonen et al., 2018 ; Skene, 2018).

Méconnaissance des effets liés à l'économie circulaire

Le manque de données quantifiables, l'accent mis sur la phase de post-utilisation et le caractère intersectoriel de l'économie circulaire pourraient donc entraîner une méconnaissance et une sous-estimation de ses avantages potentiels en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre (EEA, 2024).

L'économie circulaire est une approche importante pour réduire les émissions de gaz à effet de serre grâce à des flux de matières plus efficaces. Cependant, les actions d'économie circulaire sont sous-représentées dans les politiques et mesures climatiques nationales en raison de leur nature intersectorielle et de la difficulté à quantifier les impacts (EEA, 2024).

En adoptant les trois principes de l'économie circulaire dans les produits, les services et les systèmes, il est possible de commencer à s'attaquer aux 45 % d'émissions restantes liées à l'industrie, à l'agriculture et à l'utilisation des sols que la transition énergétique ne peut pas traiter. Par exemple, en éliminant les déchets et la pollution, on réduit les émissions de gaz à effet de serre tout au long de la chaîne de valeur ; en faisant circuler les produits et les matériaux, on conserve leur énergie intrinsèque ; et, en régénérant la nature, on peut séquestrer le carbone dans les sols et les produits. Par exemple : dans les bâtiments et la construction, en éliminant les déchets, en partageant davantage les bâtiments et en réutilisant et recyclant les matériaux de construction, on peut réduire les émissions des matériaux de construction de 38 % d'ici à 2050. De même, dans l'agriculture, en adoptant des pratiques de production régénératrices, en éliminant le gaspillage alimentaire et en utilisant des ingrédients de meilleure qualité et recyclés dans les produits alimentaires, il est possible de réduire de moitié les émissions du système alimentaire d'ici à 2050 (The Ellen Macarthur Foundation, 2021).

Conflits globaux et armés majeurs

Un conflit armé global impliquant des blocs majeurs tels que l'OTAN/AUKUS contre la Russie/Chine représenterait une escalade dramatique des tensions internationales, avec des implications profondes et potentiellement catastrophiques pour la crise climatique et les efforts de transition écologique.

Dans un conflit à grande échelle, l'utilisation intensive de véhicules militaires et d'autres équipements augmenterait massivement la consommation de carburants fossiles, entraînant une hausse significative des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre. La reconstruction post-conflit, notamment dans les zones urbaines dévastées, nécessiterait également une quantité considérable de ressources, contribuant davantage aux émissions globales.

En outre, les ressources financières, humaines et scientifiques seraient réorientées vers l'effort de guerre, au détriment des investissements dans les technologies vertes et les infrastructures durables. Les budgets nationaux consacrés à la recherche et au développement d'énergies renouvelables seraient probablement réduits au profit de la défense et de la sécurité.

Un conflit armé de cette ampleur fragmenterait la coopération internationale sur le changement climatique, et les tensions géopolitiques mettraient en péril les accords multilatéraux sur le climat. De plus, les risques d'accidents ou d'attaques ciblant des infrastructures énergétiques critiques, comme les centrales nucléaires et les installations pétrolières, pourraient entraîner des catastrophes environnementales de grande ampleur.



Actuellement, la guerre en Ukraine nous fournit un aperçu de comment un conflit armé aggrave la crise environnementale (Kammer et al., 2022; Vinuales, 2023).

Stratégies NetZero : un défi majeur pour l'industrie

Atteindre la neutralité carbone (NetZero) dans l'industrie est entouré de plusieurs incertitudes majeures qui pourraient compromettre la réalisation de cet objectif. Premièrement, les technologies de capture et de stockage du carbone (CCS), bien qu'essentiels pour gérer les émissions résiduelles, sont encore coûteuses et n'ont pas été déployées à une échelle suffisamment large pour influencer significativement les émissions globales. De plus, la dépendance à des technologies émergentes, qui ne sont pas encore pleinement commerciales ou largement adoptées, comme les avancées dans les batteries, l'hydrogène et les biocarburants, ajoute à l'incertitude. Les politiques et réglementations fluctuantes peuvent également impacter la trajectoire de décarbonation, avec des engagements qui doivent non seulement être proclamés mais aussi efficacement mis en œuvre. Le financement de la transition vers des technologies propres et les infrastructures nécessaires représente un autre défi majeur, surtout pour les économies en développement, où la disponibilité des fonds est incertaine. La réaction des marchés et des consommateurs aux nouvelles technologies et aux changements de politique est également imprévisible, influençant la vitesse à laquelle les innovations sont adoptées. De surcroît, les risques géopolitiques et les problèmes d'approvisionnement en matériaux critiques nécessaires aux technologies d'énergie propre peuvent entraîner des perturbations. Ces facteurs ensemble rendent le parcours vers NetZero à la fois complexe et incertain (IEA, 2023a, 2023b).

3.3 Controverses

Discours et approches divergents sur la durabilité

La controverse entre les différentes approches de la durabilité, notamment celles environnementale (faible) et écologique (forte), reflète des visions contrastées du rapport entre développement humain et la conservation environnementale, ainsi que des stratégies divergentes pour atteindre la durabilité.

L'approche environnementale repose sur la croyance en la capacité des marchés et de la technologie à répondre aux défis environnementaux, tout en dominant les politiques gouvernementales et orientant les stratégies des entreprises. Malgré cela, cette approche est souvent critiquée par les scientifiques et les mouvements écologistes pour sa confiance excessive en la technologie et son manque d'attention aux limites écologiques et à la justice environnementale (D'Amato et al., 2017b).

En revanche, l'approche écologique souligne l'interdépendance inaliénable entre les systèmes humains et naturels et plaide pour un changement de paradigme dans la manière dont l'humanité interagit avec l'environnement. Cette durabilité forte met l'accent sur la nécessité de réduire la consommation des ressources, de promouvoir l'équité entre et au sein des générations, et de rééquilibrer la relation entre l'homme et la nature par une compréhension approfondie des systèmes complexes et des limites planétaires (Beltramello & Bootz, 2022; Dedeurwaerdere, 2014; Schröder et al., 2019).

Justice et responsabilités face aux changements climatiques

La vulnérabilité et l'exposition inégales au changement climatique entre les pays développés et en développement alimentent des débats sur la responsabilité et la justice climatique. Les pays moins développés, qui ont le moins contribué aux émissions globales de gaz à effet de serre, subissent les conséquences les plus graves, telles que les catastrophes naturelles et les perturbations économiques. Cette disproportion soulève des



questions sur l'équité des efforts de mitigation et d'adaptation requis de chaque pays, menant à des controverses sur la répartition des responsabilités et des coûts associés (Guivarch & Taconet, 2020).

Cette répartition inégale des coûts et des efforts nécessaires pour faire face au changement climatique crée des tensions entre les nations, les pays développés étant perçus comme devant jouer un rôle plus important dans le soutien financier et technologique. La controverse découle de la difficulté à parvenir à un consensus sur la manière dont les ressources devraient être allouées et les efforts partagés à l'échelle mondiale (Guivarch & Taconet, 2020).

3.4 Germes de changement/faits porteurs d'avenir

Essor de la transition énergétique

En 2022, pour la première fois, les investissements dans les énergies vertes ont dépassé ceux dans les combustibles fossiles et, dans les prochaines années, la consommation mondiale de charbon devrait commencer à diminuer. L'énergie verte est désormais considérée comme un secteur de croissance qui peut créer des emplois et stimuler la croissance économique, tout en apportant de la résilience et des avantages à long terme (IGS, 2023).

La transition vers les énergies vertes pourrait ainsi s'accélérer. Depuis 2010, le coût de l'énergie solaire et de la technologie des batteries au lithium a baissé de plus de 85 %, et celui de l'énergie éolienne d'environ 50 % (Wiser et al., 2021).

Une nouvelle directive et un possible impact positif au niveau européen

Depuis le 1er janvier 2024, la directive européenne en matière de durabilité des entreprises (CSRD) a fixé de nouvelles normes et obligations de reporting extra-financier. Elle s'applique aux grandes entreprises et aux PME cotées en bourse, et son objectif est de promouvoir le développement durable au sein des entreprises ainsi que d'identifier celles qui sont responsables en la matière. Les informations collectées permettront d'évaluer plus précisément l'impact de l'entreprise et de ses activités sur l'environnement. Elle fait suite à la directive de 2014 sur la publication d'informations non financières et vise à harmoniser le reporting extra-financier des entreprises européennes (DILA, 2024) tout en causant, peut-être, un effet cascade positif sur l'implication des entreprises européennes vis-à-vis du développement durable.

Recherche de ressources dans l'espace et/ou les pôles

Compte tenu des ressources limitées de la Terre, la Lune, les autres planètes et les astéroïdes deviennent très attirants car ils regorgent d'une grande diversité de minéraux, de gaz et d'eau qui pourraient être exploitées pour fournir les matières premières, l'énergie et les éléments essentiels à la vie humaine et à l'exploration spatiale (LSA, 20177). L'exploitation de ces ressources spatiales pourrait se révéler étonnamment rapide, car des expéditions vers les astéroïdes proches de la Terre et la Lune ont déjà permis de faire des découvertes remarquables dans ce sens (LSA, 2017).

Sur Terre, la région Arctique est déjà confrontée à un boom de l'exploration et de l'extraction des minerais et des combustibles fossiles (WWF, 2023). Cette possibilité « extractiviste » a récemment attiré l'attention d'entreprises d'exploitation et prospection minière, qui s'intéressent à des frontières autrefois inaccessibles : les fonds marins, l'offshore marin, les régions du Grand Nord et bien d'autres encore (WWF, 2023). Si ces projets se



concrétisent, ils auront des effets dévastateurs sur les communautés autochtones et locales, sur les écosystèmes arctiques fragiles et sur le climat mondial (WWF, 2023).

3.5 Ruptures

Inversion de la tendance au réchauffement climatique

La possibilité que, à partir de 2027, il y aura moins d'aléas climatiques et que le réchauffement climatique régresse, malgré les catastrophes naturelles observées ces dernières années et les prévisions scientifiques, représente un espoir pour la planète. Pour certains scientifiques, l'inversion de la courbe du réchauffement ne semble pas aussi absurde (Moutot, 2023), ce qui pourrait influencer le développement de l'économie circulaire.

Effets du dépassement des point de basculement

Les effets et l'ampleur des changements climatiques, lorsqu'ils dépassent les points de basculement, peuvent entraîner des ruptures majeures dans les systèmes climatiques et écologiques de la planète. Ces points de basculement, ou « tipping points », sont des seuils critiques au-delà desquels un petit changement peut entraîner des conséquences disproportionnées et souvent irréversibles. Ces ruptures peuvent modifier radicalement les écosystèmes, les cycles hydrologiques, les calottes glaciaires et d'autres éléments fondamentaux de la planète, avec d'importantes répercussions pour la société et la biodiversité (Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2024).

Même si moins probable, un scénario qui pourrait se manifester dans les prochaines décennies concerne les régions arctiques. En se réchauffent à un rythme deux fois supérieur à la moyenne mondiale, elles peuvent entraîner le franchissement d'un point de bascule critique avec des conséquences globales. Dans un tel scénario, le monde devrait faire face à des défis sans précédent : des millions de personnes forcées de migrer à cause de l'élévation du niveau de la mer ; la sécurité alimentaire mondiale compromise, avec des impacts sur la production agricole due aux sécheresses, inondations, et un changement des saisons de croissance, ainsi que des tensions socio-économiques et politiques alors que les nations luttent pour s'adapter à ces nouveaux défis climatiques, avec des ressources de plus en plus limitées (Clement et al., 2021).

Importance des COPs

Les COP représentent un lieu de discussion et de prise de décisions permettant de mesurer les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de Paris en matière d'atténuation, d'adaptation et de financement de la lutte contre le changement climatique ainsi que d'adapter les plans existants (UN, 2023a).

Malgré tous leurs défauts, les COP sont le seul forum sur la crise climatique dans lequel les opinions et les préoccupations des pays les plus pauvres ont autant de poids que celles des plus grandes économies, telles que les Etats-Unis et la Chine. Un accord ne peut être obtenu que par consensus, ce qui peut être frustrant et signifie que certains pays - notamment l'Arabie Saoudite – peuvent freiner la mise en œuvre d'actions plus ambitieuses, mais confère aux décisions de la COP une autorité mondiale (Harvey, 2019). Ainsi, on pourrait envisager un changement de pratiques, où les décisions au sein des COPs ne dépendraient plus d'un consensus, mais sur une majorité de voix concernant une thématique, dans le but d'accélérer les décisions et la mise en place des actions.



4. Références

Bashmakov, I.A., L.J. Nilsson, A. Acquaye, C. Bataille, J.M. Cullen, S. de la Rue du Can, M. Fischedick, Y. Geng, K. Tanaka,

2022: Industry. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade,

A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

doi: 10.1017/9781009157926.013

Beltramello, P., & Bootz, J.-P. (2022). How should We Operationalize Bioeconomics for Strong Sustainability? Toward a Transdisciplinary and Systemic Approach in Line with a Georgescu-Roegen Epistemology. *Journal of Innovation Economics & Management*, 38(2), 63–91. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0115>

Bickerton, J. (2024, 5 Mars). Donald Trump's chances of winning 2024 election soar to near record high. *Newsweek*. <https://www.newsweek.com/donald-trumps-chances-winning-2024-election-soar-near-record-high-1875908>

Boussena, Y. (2024, February 11). Gilets jaunes : les sciences sociales n'ont décidément pas fini d'en découvrir sur le mouvement. *Marianne*. <https://www.marianne.net/agora/gilets-jaunes-les-sciences-sociales-nont-decidement-pas-fini-den-decouvrir-sur-le-mouvement>

CCNUCG (Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatique). (s.d.). Conférence des Parties (COP). <https://unfccc.int/fr/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

CE (Commission Européenne) (2019). Qu'est-ce que le Pacte Vert pour l'Europe ?. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/fs_19_6714

Clement, V., Kanta, K., de Sherbinin, A., Jones, B., Adamo, S., Schewe, J., Sadiq, N., & Shabahat, E. (2021). Acting on Internal Climate Migration [Open Knowledge Repository]. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/2c9150df-52c3-58ed-9075-d78ea56c3267>

Contessa, G. (2022, 4 Janvier). The reasons for science skepticism can be complex and founded on real concerns. *The Conversation*. <https://theconversation.com/the-reasons-for-science-skepticism-can-be-complex-and-founded-on-real-concerns-171000>

Copernicus (2023). How close are we to reaching a global warming of 1.5°C?. <https://climate.copernicus.eu/>



Corvellec, H., Stowell, A. F., & Johansson, N. (2021). Critiques of the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 26(2), 421–432. <https://doi.org/10.1111/jiec.13187>

Courrier International. (2023, 5 Mai). 6 janvier : La condamnation des Proud Boys pour sédition, une nouvelle menace pour Donald Trump. *Courrier International*. <https://www.courrierinternational.com/article/6-janvier-la-condamnation-des-proud-boys-pour-sedition-une-nouvelle-menace-pour-donald-trump>

Crutzen, P. J. (2006). The “Anthropocene”. In E. Ehlers & T. Krafft (A c. Di), *Earth System Science in the Anthropocene* (pp. 13–18). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_3

CUE (Conseil de l'Union Européenne). (2023, 23 Novembre). Financement international de l'action climatique: le Conseil approuve les montants engagés en 2022 [Communiqué de presse]. <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2023/11/23/climate-finance-council-approves-2022-international-climate-finance-figures/>

D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lahtinen, K., Korhonen, J., Leskinen, P., Matthies, B. D., & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>

Didelot, N. (2020, 12 Mars). Le mouvement pour le climat est moins générationnel que social. *Libération*. https://www.liberation.fr/debats/2020/03/12/le-mouvement-pour-le-climat-est-moins-generationnel-que-social_1781475/

Dedeurwaerdere, T. (2014). *Sustainability Science for Strong Sustainability*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781783474561>

DILA (Direction de l'information légale et administrative - Premier ministre). (2024, 5 Janvier). Applicable depuis le 1er janvier 2024, qu'est-ce que la directive CSRD? [Article]. *Service-public.fr*. <https://entreprendre.service-public.fr/actualites/A16970>

Earth Science Data Systems, N. (2024, Janvier 11). Earthdata | Earthdata. Earth Science Data Systems, NASA. <https://www.earthdata.nasa.gov/>

Eickhoff, H. (2024). The appeal of the circular economy revisited: On track for transformative change or enabler of moral licensing? *Humanities & Social Sciences Communications*, 11, 301.

Espargillier, L. (2022). Les techniques des climatosceptiques pour nier la réalité scientifique. *vert.eco*. <https://vert.eco/articles/les-technique-des-climatosceptiques-pour-nier-la-realite-scientifique>

Euronews Green. (2023, August 22). D'une manifestation individuelle à un mouvement mondial: 5 ans de « Fridays For Future » en images. <https://fr.euronews.com/green/2023/08/22/dune-manifestation-individuelle-a-un-mouvement-mondial-5-ans-de-fridays-for-future-en-images>

EEA (European Environment Agency) (2022, May 5). Industrie—Agence européenne pour l'environnement. <https://www.eea.europa.eu/fr/themes/industry/intro>

EEA (European Environment Agency) (2024, February 22). Capturing the climate change mitigation benefits of circular economy and waste sector policies and measures (Briefing No. 25/2023). <https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>

Garric, A. (2023, 5 Juin). Les négociations climatiques reprennent, sur fond de crise de crédibilité de la présidence émiratie de la COP28. *Le Monde*. <https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/06/05/les-negociations->



climatiques-reprennent-sur-fond-de-crise-de-credibilite-de-la-presidence-emirat-de-la-cop28_6176222_3244.html

Gemenne, F., & Denis, M. (2019, 8 Octobre). Qu'est-ce que l'Anthropocène? Vie Publique. <https://www.vie-publique.fr/parole-dexpert/271086-terre-climat-quest-ce-que-lanthropocene-ere-geologique>

Harvey, F. (2019, 2 Décembre). Climate crisis: What is COP and can it save the world? The Guardian. <https://www.theguardian.com/news/2019/dec/02/climate-crisis-what-is-cop-and-can-it-save-the-world>

Georgescu-Roegen, N. (1971). The Entropy Law and the Economic Process. Harvard University Press.

Giampietro, M. (2019). On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. *Ecological Economics*, 162, 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.001>

Guivarch, C., & Taconet, N. (2020). Inégalités mondiales et changement climatique. *Revue de l'OFCE*, 165(1), 35–70. <https://doi.org/10.3917/reof.165.0035>

Hailemariam, A., & Erdiaw-Kwasie, M. O. (2023). Towards a circular economy: Implications for emission reduction and environmental sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 1951–1965. <https://doi.org/10.1002/bse.3229>

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765–777. <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>

IEA (International Energy Agency) (2022). *World Energy Outlook 2022*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (Report).

IEA (International Energy Agency). (2023). *The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f065ae5e-94ed-4fcb-8f17-8ceffde8bdd2/TheOilandGasIndustryinNetZeroTransitions.pdf>

IEA (International Energy Agency) (2023a). *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach—2023 Update* (p. 226). International Energy Agency

IEA (International Energy Agency) (2023b). *World Energy Outlook 2023* (p. 355)

IEA (International Energy Agency) (2024). *Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026*. <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>

IGS (Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General). (2023). *Global Sustainable Development Report 2023: Times of crisis, times of change: Science for accelerating transformations to sustainable development*. United Nations. New York. <https://sdgs.un.org/gsdrgsdr2023>

IPCC. (2022). *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* (1a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>

IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>



Ipsos. (2023, 12 Décembre). 36% of the world's population still dispute the human origins of climate change. <https://www.ipsos.com/en/36-percent-worlds-population-still-dispute-human-origins-climate-change>

Kahraman, Z. (2014). Etude du lien entre PIB et consommation d'énergie. The Shift Project. <https://theshiftproject.org/lien-pib-energie/>

Kammer, A., Azour, J., Aemro Selassie, A., Goldfajn, I., & Rhee, C. (2022, mars 15). Comment la guerre en Ukraine se re percute dans toutes les re gions du monde. IMF. <https://www.imf.org/fr/Blogs/Articles/2022/03/15/blog-how-war-in-ukraine-is-reverberating-across-worlds-regions-031522>

Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppä la , J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. Ecological Economics, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

Lacroux, M. (2023, 25 Octobre). Chaos climatique: Climat : «La vie sur la planète Terre est en état de siège», alertent des scientifiques. Liberation. https://www.liberation.fr/environnement/climat/climat-la-vie-sur-la-planete-terre-est-en-etat-de-siege-alertent-des-scientifiques-20231025_2MHSFZZWUNHZPPBONAUFLLKKUZM/

Lavenir, F., de Crevoisier, L., Blaison, E ., Vessereau, L., & Sépulchre, T. (Avril 2023). Revue des aides à la transition écologique. Inspection générale des finances. https://www.igf.finances.gouv.fr/files/live/sites/igf/files/contributed/Rapports%20de%20mission/2023/2023-M-007-06_Rapport_Aides_transition_ecologique.pdf

Le Monde/AFP. (2024, 5 Janvier). COP 29 : l'Azerbaïdjan nomme Mukhtar Babayev, ancien de la compagnie pétrolière nationale, président de la conférence. Le Monde. https://www.lemonde.fr/international/article/2024/01/05/cop-29-l-azerbaïdjan-nomme-mukhtar-babayev-ancien-de-la-compagnie-petroliere-nationale-president-de-la-conference_6209225_3210.html

Le Monde/AFP. (2024, 8 Fe vrier). Jair Bolsonaro, ex-président d'extrême droite du Bre sil, au coeur d'une enquête pour « tentative de coup d'Etat ». Le Monde. https://www.lemonde.fr/international/article/2024/02/08/bresil-jair-bolsonaro-dans-la-tourmente-dans-le-cadre-d-une-enquete-pour-tentative-de-coup-d-etat_6215488_3210.html

Lipovetsky, G. (2003). La société d'hyperconsommation. Le Débat, 124, 74-98.

Livet, A. (2022). L'Allemagne et l'énergie nucléaire: Vers un réajustement nécessaire ? (11; p. 17). Fondation pour la recherche stratégique. <https://www.frstrategie.org/publications/recherches-et-documents/Allemagne-energie-nucleaire-vers-un-reajustement-necessaire-2022>

LSA (Luxembourg Space Agency) (2020, 17 Juin 17). Resources in Space: A Universe of Potential. <https://space-agency.public.lu/en/space-resources/ressources-in-space.html>

Lundstad, E., Brugnara, Y., Pappert, D., Kopp, J., Samakinwa, E., Hu rzeler, A., Andersson, A., Chimani, B., Cornes, R., Demarée, G., Filipiak, J., Gates, L., Ives, G. L., Jones, J. M., Jourdain, S., Kiss, A., Nicholson, S. E., Przybylak, R., Jones, P., ... Bro nnimann, S. (2023). The global historical climate database HCLIM. Scientific Data, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01919-w>

Meunier, E., & Que nard, N. (2024). Quel est l'impact des guerres sur l'environnement ? france.tv. <https://www.france.tv/documentaires/environnement/nowu/5582283-quel-est-l-impact-des-guerres-sur-l-environnement.html>



Moreira, E. (2021, 25 Octobre). Pourquoi la demande d'électricité devrait exploser d'ici à 2050. Les Échos. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/pourquoi-la-demande-delectricite-devrait-exploser-dici-a-2050-1358134>

Moutot, A. (2023, 10 Mars). Michael E. Mann, le climatologue qui croit en l'inversion de la courbe du réchauffement. Les Echos. <https://www.lesechos.fr/weekend/business-story/michael-e-mann-le-climatologue-qui-croit-en-linversion-de-la-courbe-du-rechauffement-1913850>

Nunez, C. (2022). Tout comprendre sur: Les énergies fossiles. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/tout-comprendre-sur-les-energies-fossiles>

Ro, C. (2022, 27 Septembre). Second Year Of Stalled Progress On The Sustainable Development Goals. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/christinero/2022/09/27/second-year-of-stalled-progress-on-the-sustainable-development-goals/?sh=279a36244d37>

Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G., Drumm, E. (2023). Implementing the SDG Stimulus. Sustainable Development Report 2023. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press, 2023.

Schroder, P., Bengtsson, M., Cohen, M., Dewick, P., Hofstetter, J., & Sarkis, J. (2019). Degrowth within – Aligning circular economy and strong sustainability narratives. Resources, Conservation and Recycling, 146, 190–191. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.038>

Skene, K. R. (2018). Circles, spirals, pyramids and cubes: Why the circular economy cannot work. *Sustainability Science, 13*(2), 479–492. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0443-3>

Sehnm, S., de Queiroz, A. A. F. S. L., Pereira, S. C. F., dos Santos Correia, G., & Kuzma, E. (2022). Circular economy and innovation: A look from the perspective of organizational capabilities. Business Strategy and the Environment, 31(1), 236–250.

TAP (The Associated Press). (2024, 8 Janvier). Brazil observes anniversary of the anti-democratic uprising in the capital. NBC News. <https://www.nbcnews.com/news/latino/brazil-observes-anniversary-anti-democratic-uprising-capital-rcna132935>

OPCO2i (Observatoire Compétences Industries) (2022). Impact de la transition écologique sur les métiers et les compétences de l'industrie. <https://observatoire-competences-industries.fr/ressources/impact-de-la-transition-ecologique-sur-les-metiers-et-competences-de-l-industrie/>

Paillasa, P. (2024, 11 Mars). Portugal, Pays-Bas, Italie... Visualisez la progression des partis d'extrême droite en Europe lors des législatives depuis 2010. France Télévisions. https://www.francetvinfo.fr/elections/europeennes/cartes-visualisez-la-progression-des-partis-d-extreme-droite-en-europe-lors-des-legislatives-depuis-2010_6290793.html

Paddison, L. (2023, 3 December). Climate summit leader defends controversial comments that alarmed scientists and sent shockwaves through meeting. CNN. <https://edition.cnn.com/2023/12/03/climate/cop28-al-jaber-fossil-fuel-phase-out/index.html>

Pécout, A. (2023, 14 Décembre). COP28 : la filière du nucléaire savoure une « reconnaissance mondiale ». Le Monde. https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/12/14/cop28-la-filiere-du-nucleaire-savoure-une-reconnaissance-mondiale_6205805_3244.html



Potsdam Institute for Climate Impact Research. (2024). Tipping Elements – big risks in the Earth System. Potsdam Institute for Climate Impact Research. <https://www.pik-potsdam.de/en/output/infodesk/tipping-elements>

PRC (Pew Research Center) (2021, Mai). Gen Z, Millennials Stand Out for Climate Change Activism, Social Media Engagement With Issue. <https://www.pewresearch.org/science/2021/05/26/climate-engagement-and-activism/>

Quef, J. (2023). A quel point le déni climatique est-il répandu dans la population ? vert.eco. <https://vert.eco/articles/a-quel-point-le-deni-climatique-est-il-repandu-dans-la-population>

Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2023). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

Roka, K. (2020). Anthropocene and Climate Change. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., O zuyar, P.G., Wall, T. (eds) Climate Action. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9_26

Sémat, C. (2024, 20 Janvier). Manifestations d'agriculteurs en Europe : les raisons de leur colère. L'Express. <https://www.lexpress.fr/monde/manifestations-dagriculteurs-en-europe-les-raisons-de-leur-colere-UNHSFB7UORCGNNBIGRMNGVYRZA/>

Schlienger, D., Blombou, Y. (2024, 25 Janvier). Colère des agriculteurs : le secteur est également en crise en Inde, en Espagne et au Maroc. France Télévisions. https://www.francetvinfo.fr/economie/crise/blocus-des-agriculteurs/colere-des-agriculteurs-retour-sur-les-origines-du-mouvement-de-protestation_6326163.html

SDES (Service des données et études statistiques). (2023). Chiffres clés du climat: France, Europe et Monde. p. 92 [Commissariat général au développement]. Ministère de la transition énergétique. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2023/2-observations-du-changement-climatique.php>

Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 369(1938), 842–867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>

Tran, S. (2023, Octobre 17). L'innovation et la transition écologique sont-ils vraiment compatibles ? HBR France. <https://www.hbrfrance.fr/innovation/linnovation-et-la-transition-ecologique-sont-ils-vraiment-compatibles-60292>

Turrentine, J. (2022, Avril 19). Climate Misinformation on Social Media Is Undermining Climate Action. NRDC. <https://www.nrdc.org/stories/climate-misinformation-social-media-undermining-climate-action>

The Ellen Macarthur Foundation (2021). How the circular economy tackles climate change?. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/climate/overview>

UN (United Nations - Department of Economic and Social Affairs) (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

UN (United Nations). (2023a, 18 Novembre). Explainer: What's COP28 and why is it important? UN News. <https://news.un.org/en/story/2023/11/1144042>



UN (United Nations) (2023b). Agenda pour le développement durable à l'horizon 2030. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/development-agenda/>

Vinuales, J. E. (2023). La guerre en Ukraine et la transition énergétique. RED, 5(1), 123–129. <https://doi.org/10.3917/red.005.0123>

World Bank. (2021). Inondations et sécheresses: Deux menaces à gérer de front à l'ère du changement climatique. World Bank. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2021/06/17/floods-and-droughts-an-epic-response-to-these-hazards-in-the-era-of-climate-change>

World Bank. (2023). World Development Report 2023: Migrants, Refugees, and Societies (p. 348) [Text/HTML]. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2023>

WEF (World Economic Forum). (2024, Janvier). The Global Risks Report 2024 (19th ed.). https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

Wiser, R., Rand, J., Seel, J., Beiter, P., Baker, E., Lantz, E. & Gilman, P. (2021). Expert elicitation survey predicts 37% to 49% declines in wind energy costs by 2050. Nature Energy, 6, 555–565.

WWF (2023, Avril). Leave it in the ground: Arctic resources should stay where they are. The Circle. <https://apiwwfarcticse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2024/01/05151217/TheCircle0423.pdf>