



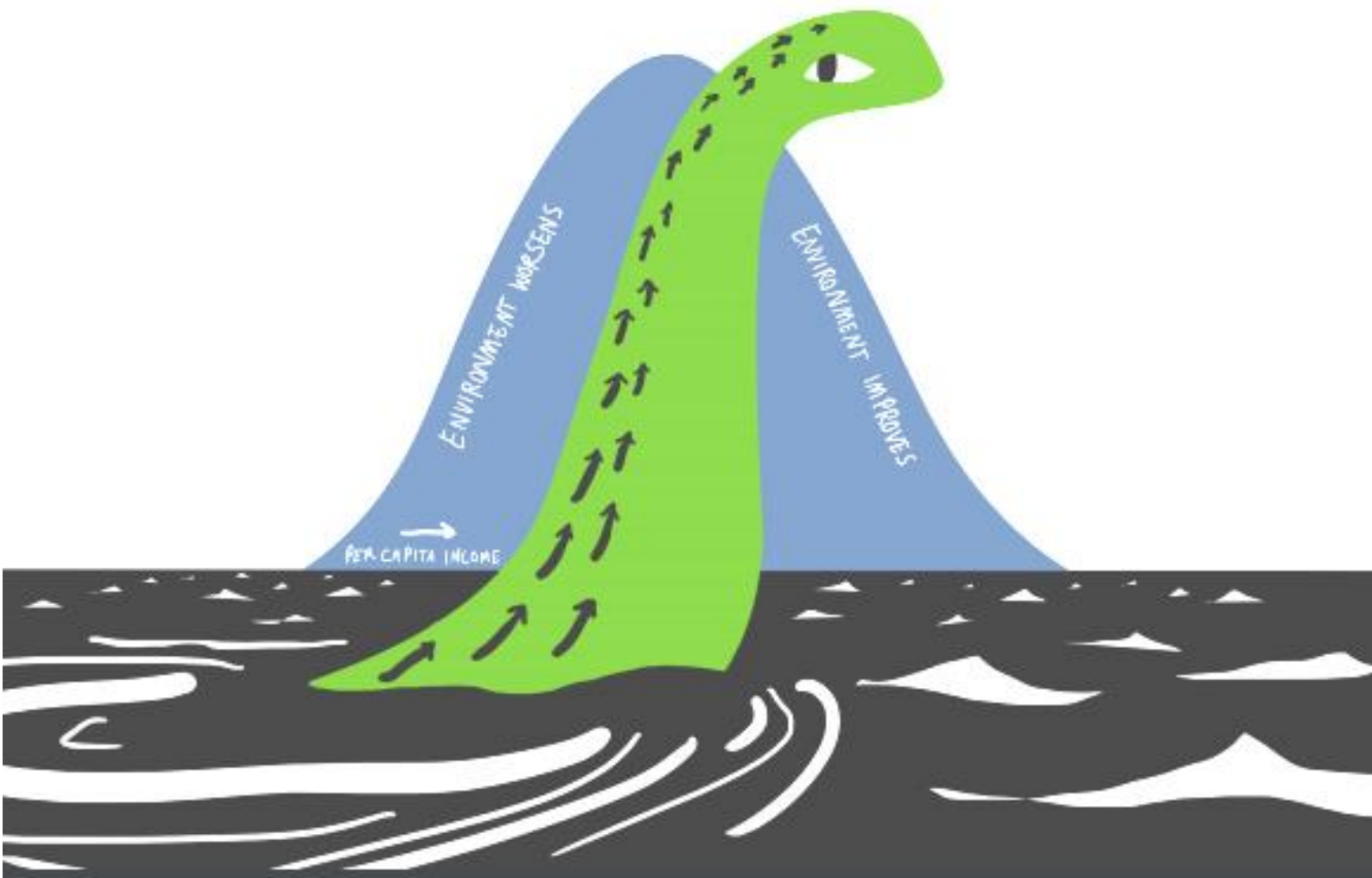
**EEB**  
European  
Environmental  
Bureau



MAKE EUROPE  
SUSTAINABLE  
**FOR ALL**

# Découplage démantelé :

Preuves et arguments contre la  
croissance verte comme seule  
stratégie de durabilité



# Découplage démantelé :

Preuves et arguments contre la croissance  
verte comme seule stratégie de durabilité.

## Date de publication

Juillet 2019

## Les auteurs du rapport

**Timothée Parrique**, Centre d'études et de recherche sur le développement international (CERDI), Université de Clermont Auvergne, France ; Centre de résilience de Stockholm (SRC), Université de Stockholm, Suède

**Jonathan Barth**, Institut ZOE pour les économies d'avenir, Bonn, Allemagne

**François Briens**, Centre de recherche indépendant et informel pour l'émancipation humaine (IRCHE)

**Christian Kerschner**, Département de la durabilité, de la gouvernance et des méthodes, Université MODUL de Vienne, Autriche ; Département d'études environnementales, Université Masaryk, Brno, République tchèque

**Alejo Kraus-Polk**, Université de Californie, Davis, États-Unis

**Anna Kuokkanen**, Université de technologie de Lappeenranta-Lahti, Lahti, Finlande

**Joachim H. Spangenberg**, Institut de recherche sur l'Europe durable (SERI Allemagne), Cologne, Allemagne

## Le rapport complet doit être référencé comme suit

Parrique T., Barth J., Briens F., C. Kerschner, Kraus-Polk A., Kuokkanen A., Spangenberg J.H., 2019.

Bureau européen de l'environnement.

Auteur correspondant [tparrique@gmail.com](mailto:tparrique@gmail.com)

Rapport disponible en ligne sur [eeb.org/decouplage-debunked](http://eeb.org/decouplage-debunked)

# Table des matières

Introduction .....	10
I. Qu'est-ce que le découplage ? .....	12
1. Découplage relatif et absolu.....	12
2. La variable motrice : Le produit intérieur brut .....	13
3. La variable pilotée : Ressources et impacts .....	13
4. L'échelle : Mondiale ou locale .....	14
5. Durabilité : Temporaire ou permanent.....	15
6. L'ampleur : Suffisante ou insuffisante .....	16
7. L'équité dans la répartition des efforts de découplage .....	17
II. Le découplage existe-t-il ? .....	19
1. Découplage des ressources .....	20
Matériaux .....	20
Énergie .....	22
Eau.....	23
2. Découplage des impacts .....	24
Les gaz à effet de serre .....	24
Terre .....	28
Polluants de l'eau .....	29
Perte de biodiversité .....	30
III. Le découplage est-il susceptible de se produire ? .....	33
1. Augmentation des dépenses énergétiques .....	33
Matériaux .....	36
2. Effets de rebond .....	37
Plusieurs types d'effets rebonds.....	37
Preuves empiriques du rebond .....	39
3. Déplacement des problèmes .....	41
Exemple 1 : Les énergies renouvelables .....	41
Exemple 2 : l'énergie nucléaire.....	41
Exemple 3 : le gaz naturel.....	42
4. L'impact sous-estimé des services .....	43
Tertiarisation relative et absolue.....	43

Il ne reste plus beaucoup de tertiarisation à faire .....	45
Les services ont aussi une empreinte .....	45
5. Potentiel limité du recyclage .....	47
Le recyclage lui-même nécessite de nouveaux matériaux et de l'énergie .....	47
Les taux de recyclage sont loin d'être de 100 % .....	48
Il n'y a pas assez de déchets à recycler .....	49
6. Une évolution technologique insuffisante et inappropriée .....	50
Ne pas conduire à des innovations pertinentes .....	50
Pas assez disruptif .....	51
Pas assez rapide .....	52
7. Déplacement des coûts .....	54
Preuves empiriques du transfert des coûts environnementaux .....	54
Pourquoi le transfert de coûts se produit-il ? .....	55
Conclusions : Adieu à la croissance verte .....	57

# Résumé

Est-il possible de profiter à la fois de la croissance économique et de la durabilité environnementale ? Cette question est un sujet de débat politique acharné entre les partisans de la croissance verte et ceux de l'après-croissance. Au cours de la dernière décennie, la croissance verte a clairement dominé l'élaboration des politiques aux Nations Unies, l'Union européenne et dans de nombreux pays en partant du principe que découpler les pressions environnementales du produit intérieur brut (PIB) pourraient permettre une croissance économique future sans fin.

Compte tenu des enjeux, une évaluation minutieuse visant à déterminer si les fondements scientifiques derrière cette "hypothèse de découplage" sont robustes ou non est nécessaire. Ce rapport examine la littérature empirique et théorique pour évaluer la validité de cette hypothèse. La conclusion est la suivante, à la fois très claire et qui donne à réfléchir : non seulement il n'y a pas de preuve empirique soutenant l'existence d'un découplage de la croissance économique des pressions environnementales nulle part à l'échelle nécessaire pour faire face à la dégradation de l'environnement, mais aussi, et peut-être surtout, un tel découplage semble peu probable à l'avenir.

Il est urgent de déterminer les conséquences de ces conclusions en termes d'élaboration des politiques et de s'éloigner de la poursuite continue de la croissance économique dans les pays à forte consommation. Plus précisément, les stratégies politiques existantes visant à accroître l'efficacité doivent être complétées par la recherche de la suffisance, c'est-à-dire la réduction directe de la production économique dans de nombreux secteurs et la réduction parallèle de la consommation qui, ensemble, permettront la bonne vie au sein de la des limites écologiques. Selon les auteurs de ce rapport et sur la base des meilleures données scientifiques disponibles seules ces stratégies respectent le "principe de précaution" de l'UE, à savoir le principe selon lequel, lorsque les enjeux sont élevés et les résultats incertains, il faut pécher par excès de prudence.

Le fait que le découplage en lui-même, c'est-à-dire sans aborder la question de la croissance économique, n'ait pas été et ne sera pas suffisant pour réduire les pressions sur l'environnement dans la mesure requise n'est pas une raison de s'opposer au découplage (au sens littéral de séparer la courbe des pressions environnementales de la courbe du PIB) ou les mesures qui permettent de réaliser le découplage - au contraire, sans beaucoup de telles mesures, la situation serait bien pire. C'est une raison d'avoir des préoccupations majeures concernant l'accent prédominant des décideurs politiques sur la croissance verte, cet accent étant fondé sur l'hypothèse qu'un découplage suffisant peut être obtenu par une efficacité accrue sans limiter la production et la consommation économiques.

# Principales conclusions

> La discussion sur le découplage nécessite l'utilisation d'un cadre analytique rigoureux. Selon les indicateurs considérés comme tenant compte des activités économiques et des pressions environnementales ainsi que de l'éventail de leur évolution, le découplage peut être caractérisé de différentes manières. Il peut être global ou local, relatif ou absolu, territorial ou basé sur son empreinte, se dérouler sur une courte ou une longue période mais aussi et surtout, il doit être mis en perspective avec les seuils environnementaux pertinents, les objectifs politiques et le contexte socio-économique mondial, afin d'évaluer l'adéquation de son ampleur et en tenant compte de considérations d'équité.

> La validité du discours sur la croissance verte repose sur l'hypothèse d'une croissance absolue et permanente, globale, importante et suffisamment rapide, découplant de la croissance économique de toutes les pressions environnementales. La documentation examinée montre clairement **qu'il n'existe aucune preuve empirique qu'un tel découplage est en train de se produire**. C'est le cas des matériaux, de l'énergie, de l'eau, les gaz à effet de serre, les polluants des sols et de l'eau et la perte de biodiversité pour lesquels le découplage n'est que relatif, et/ou observé seulement temporairement, et/ou seulement localement. Dans la plupart des cas, le découplage est relatif. Lorsque le découplage absolu se produit, il n'est observé que pendant des périodes assez courtes, concernant seulement certaines ressources ou formes d'impact, pour des lieux spécifiques, et avec des taux très faibles d'atténuation.

> Il y a au moins **sept raisons d'être sceptique** quant à l'existence d'un découplage suffisant à l'avenir. Chacune d'entre elles, prise individuellement, jette un doute sur la possibilité d'un découplage et, par conséquent, la faisabilité de la "croissance verte". Considérée dans son ensemble, l'hypothèse que le découplage permettra à la croissance économique de se poursuivre sans augmentation des pressions environnementales semble très compromise, voire clairement irréaliste.

**1 Augmentation des dépenses énergétiques.** Lors de l'extraction d'une ressource, les options moins coûteuses sont généralement utilisées en premier, l'extraction des stocks restants devenant ensuite un processus à plus forte intensité de ressources et d'énergie, ce qui se traduit par une augmentation de la dégradation totale de l'environnement par unité de ressource extraite.

**2 Effets de rebond.** Les améliorations de l'efficacité sont souvent partiellement ou totalement compensées par une réaffectation des ressources et de l'argent économisés soit vers davantage de la même consommation (par exemple, en utilisant plus souvent une voiture à faible consommation de carburant) ou d'autres consommations impactantes (par exemple acheter des billets d'avion pour des vacances grâce à l'argent économisé grâce aux économies de carburant). Elle peut également générer des changements structurels dans l'économie qui induisent une consommation plus élevée (par exemple, des voitures plus économes en carburant renforcent le système de transport au détriment d'alternatives plus écologiques, comme les transports publics et le cyclisme).

**3 Déplacement des problèmes.** Les solutions technologiques à un problème environnemental peuvent en créer de nouveaux et/ou en exacerber d'autres. Par exemple, la production de véhicules électriques individuels met la pression sur les ressources en lithium, cuivre et cobalt ; la production de biocarburant suscite des inquiétudes quant à l'utilisation des terres ; alors que la production d'énergie nucléaire génère des risques nucléaires et des préoccupations logistiques concernant l'élimination des déchets nucléaires.

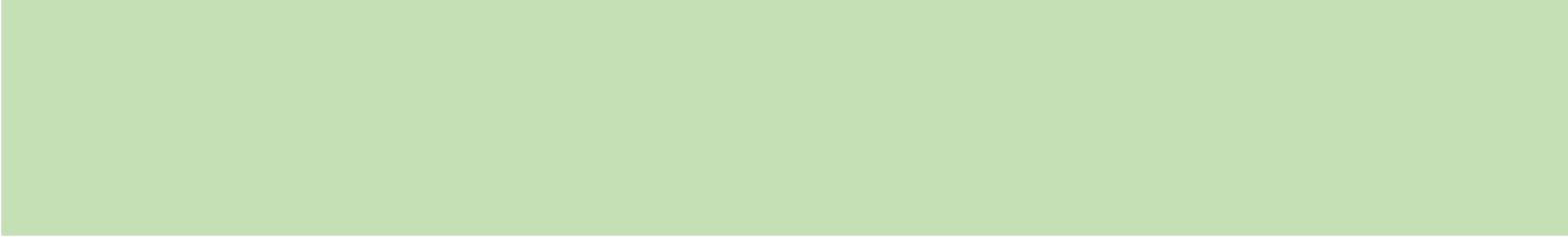
**4 L'impact sous-estimé des services.** L'économie des services ne peut exister qu'en complément de l'économie matérielle, et non à sa place. Les services ont une empreinte importante qui s'ajoute souvent à celle des marchandises plutôt que de s'y substituer.

**5 Potentiel limité du recyclage.** Les taux de recyclage sont actuellement faibles et ne croissent que lentement et les processus de recyclage nécessitent généralement encore une quantité importante d'énergie et de matières premières vierges. Plus important encore, le recyclage est strictement limité dans sa capacité à fournir des ressources pour une économie matérielle en expansion.

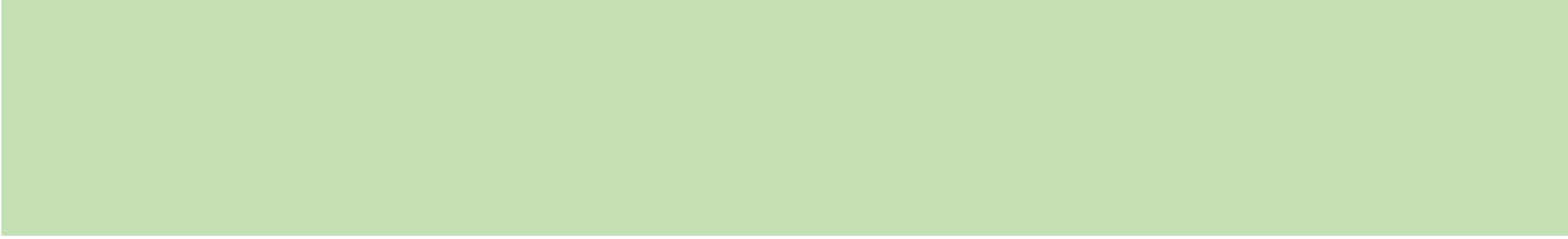
**6 Changement technologique insuffisant et inapproprié.** Le progrès technologique ne cible pas les facteurs de production qui comptent pour la durabilité écologique et ne conduit pas au type d'innovations qui réduisent les pressions sur l'environnement ; il n'est pas suffisamment perturbateur car il ne parvient pas à remplacer d'autres technologies indésirables ; et il n'est en soi pas assez rapide pour permettre un découplage suffisant.

**7 Déplacement des coûts.** Ce qui a été observé et qualifié de découplage dans certains cas locaux n'était généralement qu'un découplage apparent résultant principalement d'une externalisation de l'impact environnemental des pays à forte consommation vers les pays à faible consommation, permis par le commerce international. La comptabilité sur la base de l'empreinte écologique révèle un aspect moins optimiste et jette un doute supplémentaire sur la possibilité d'un découplage à l'avenir.

> Ce rapport souligne la nécessité d'une nouvelle boîte à outils conceptuelle pour informer et soutenir la conception et l'évaluation des politiques environnementales. Les décideurs politiques doivent reconnaître le fait que la prise en compte de la dégradation de l'environnement devrait requérir une réduction directe de la production économique et de la consommation dans les pays les plus riches. En d'autres termes, nous préconisons de compléter les politiques orientées vers l'efficacité par des politiques de suffisance, avec un changement de priorité et d'accent par rapport à la première à ces derniers, même si tous deux ont un rôle à jouer. Dans cette perspective, il apparaît urgent que les décideurs politiques accordent plus d'attention et soutiennent le développement des alternatives à la croissance verte.







# Introduction

La croissance économique est-elle compatible avec la durabilité écologique ? Près d'un demi-siècle après la publication du rapport Meadows "Limites de la croissance" et de la lettre de Sicco Mansholt au président de la Commission européenne en 1972 pour défendre un changement de cap par rapport à la poursuite de la croissance économique, la relation entre le produit intérieur brut (PIB) et les pressions environnementales reste une question de débat politique.

Le débat comporte deux volets principaux. Les partisans de ce qu'on a appelé la "croissance verte" soutiennent que les progrès technologiques et les changements structurels permettront de découpler la consommation de ressources naturelles et les impacts environnementaux de la croissance économique. D'autre part, les partisans de la "décroissance" ou "post-croissance" font valoir que, parce qu'une expansion infinie de l'économie est fondamentalement en contradiction avec une biosphère finie, la réduction des pressions environnementales nécessite une réduction de la production dans les pays les plus riches, ce qui devrait entraîner une baisse du PIB par rapport aux niveaux actuels. D'un côté, les partisans de la croissance verte attendent de l'*efficacité* qu'elle permette de fournir davantage de biens et de services à un coût environnemental plus faible ; d'autre part, les partisans de la décroissance font appel à la *suffisance*, en faisant valoir que le moins est la voie la plus sûre vers la durabilité écologique.

Aujourd'hui, le discours sur la croissance verte domine la plupart des cercles politiques. En 2001, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a officiellement adopté le découplage comme objectif, qui plus tard est venu jouer un rôle clé dans sa stratégie Vers une croissance verte (2011). (1) Elle a ensuite été suivie par la Commission qui, dans son 6e programme d'action pour l'environnement (*Environnement 2010 : notre avenir, notre choix*), a annoncé son objectif de "rompre le vieux lien entre la croissance économique et les dommages environnementaux" (Commission européenne, 2001, p. 3). L'engagement de "découpler la croissance de l'utilisation des ressources" a été réitéré dans la feuille de route de l'UE pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources (Commission européenne, 2011), et dans la stratégie du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) sur l'économie verte (2011a, p. 18) où la croissance verte devrait "réduire sensiblement les risques environnementaux et les pénuries écologiques". (2,3)

---

1 Qu'ils ont défini comme la "rupture du lien entre les "dommages environnementaux" et les "biens économiques"" (OCDE, 2002, p. 1).

2 "Le découplage est un concept clé pour définir les défis auxquels nous sommes confrontés dans le cadre de la transition vers une économie plus efficace en matière de ressources. Alors que la croissance économique mondiale se heurte aux frontières planétaires, le découplage de la création de valeur économique de l'utilisation des ressources naturelles et les impacts environnementaux deviennent plus urgents" (PNUE, 2011b, pp. 15-16, italiques ajoutées).

3 "Cible 8.4 : Améliorer progressivement, d'ici à 2030, l'efficacité globale de la consommation et de la production des ressources et s'efforcer de découpler la croissance économique de la dégradation de l'environnement, conformément au cadre décennal des Programmes sur la consommation et la production durables, avec les pays développés en tête".

Peu après, la Banque mondiale a rejoint le mouvement de la croissance verte inclusive : *La voie vers le développement durable* (2012).<sup>4</sup> Depuis 2012, le 7<sup>e</sup> programme d'action pour l'environnement qui guide la politique environnementale de la Commission européenne jusqu'en 2020 "*Bien vivre, dans les limites de notre planète*" (Commission européenne, 2013) appelle à "un découplage absolu de la croissance économique et de la dégradation environnementale". Et en 2015, le découplage est devenu une cible spécifique dans les objectifs de développement durable.

La croissance verte a dominé la discussion et a fixé la plupart des priorités environnementales en se basant sur l'attente d'un découplage de la croissance économique et des pressions environnementales. Une situation avec des enjeux aussi élevés exige une évaluation minutieuse pour déterminer si les fondements scientifiques des hypothèses de découplage sont robustes ou non. C'est l'objet du présent rapport, et comme son titre l'indique clairement, nous avons trouvé un soutien théorique et empirique insuffisant pour justifier les espoirs actuellement placés dans le découplage.

La littérature sur le découplage est abondante. À partir de 2011, le PNUE a produit une série de rapports sur le sujet (PNUE, 2011b, 2014a, 2015). La recherche des mots clés "découplage de la croissance économique" sur Scopus livre plus de 600 articles, la plupart empiriques. Sur un sujet aussi controversé, on s'attendrait à de grandes divergences dans les résultats. Pourtant, comme nous le montrerons dans la deuxième partie de ce rapport, les désaccords au sein de cette littérature résultent principalement de légères variations dans la manière dont le découplage est défini et mesuré. Une fois ces bizarreries méthodologiques mises de côté, les résultats convergent à montrer qu'il n'existe pas de preuves solides justifiant l'idée du découplage en tant que politique unique ou principale telle qu'elle est actuellement promue par les partisans de la croissance verte.

Ce rapport est organisé en trois sections. Tout d'abord, nous définissons ce que signifie le découplage et précisons les différentes formes qu'elle peut prendre. Le point essentiel de cette section est que derrière un terme se cachent différentes significations ou situations, dont certaines sont plus souhaitables que d'autres. Dans la deuxième section, nous examinons la littérature empirique sur le sujet afin d'évaluer s'il existe ou non des preuves de découplage ayant eu lieu dans le passé. Notre constat est que les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas de soutenir l'hypothèse du type de découplage qui serait nécessaire pour faire face efficacement au changement climatique et d'autres crises environnementales. Dans la troisième section, nous examinons la probabilité que le découplage se produise dans l'avenir et constatons que les probabilités sont trop minces pour justifier l'attention centrale qui lui est actuellement accordée dans l'élaboration des politiques. En conclusion, la principale affirmation du rapport est que la croissance verte, c'est-à-dire une croissance économique suffisamment découplée des pressions environnementales, n'est pas possible et ne devrait donc pas être l'objectif premier de la politique environnementale.

---

4 Pour la Banque mondiale (2012), la croissance verte inclusive est "une croissance économique efficace dans son utilisation des ressources naturelles, propre en ce sens qu'il réduit au minimum la pollution et les impacts environnementaux, et résilient en ce sens qu'il tient compte des risques naturels et le rôle de la gestion de l'environnement et du capital naturel dans la prévention des catastrophes physiques".

# I. Qu'est-ce que le découplage ?

Une discussion constructive nécessite de commencer par des définitions explicites et de clarifier plusieurs termes et des subtilités méthodologiques, en ce qui concerne le type d'indicateurs économiques et environnementaux et comment ils sont statistiquement corrélés ; à quelle échelle, ampleur et moment le découplage peut ou non se produire ; ainsi que pour quels résultats en termes de réalisation des objectifs sociaux et environnementaux.

## 1. Découplage relatif et absolu

D'une manière générale, on dit que deux variables sont couplées si l'une est pilotée par l'autre, ce qui les fait évoluer en proportion (par exemple, plus de A signifie plus de B) ; et ils se découplent lorsqu'ils cessent de le faire. Lorsqu'elles sont couplées, les variables motrices et conduites évoluent toutes les deux de manière progressive, ce qui signifie qu'elles évoluent dans le temps proportionnellement. Le découplage se réfère à une variation dans le temps du coefficient de proportionnalité, correspondant à une désynchronisation entre les tendances des deux variables.

Ce découplage peut être relatif ou absolu (également appelé faible ou fort). Le découplage relatif signifie que les deux variables évoluent toujours dans la même direction mais pas à la même vitesse (beaucoup plus de A signifie un peu plus de B) alors que le découplage absolu signifie que les deux variables vont en sens inverse (plus de A et moins de B). Évaluer le découplage signifie estimer la perte de proportionnalité entre une variable et une autre (ou plus précisément l'évolution de la variable) dans le temps.

Le découplage relatif, par exemple entre le PIB et les émissions de carbone, désigne une situation dans laquelle les émissions par unité de production économique (le coefficient de proportionnalité) diminuent, mais pas "assez vite" pour compenser l'augmentation simultanée de la production au cours de la même période, ce qui se traduit par une augmentation des émissions totales. En conséquence, bien que l'économie soit relativement moins impactante par unité de PIB par rapport à ce qu'il était auparavant, le volume absolu des émissions a néanmoins augmenté.

Le découplage absolu est une situation dans laquelle, pour rester dans le même exemple, plus de PIB coïncide avec moins d'émissions. Le découplage relatif devient un découplage absolu lorsque le taux de croissance de l'économie est surcompensée par le taux de croissance de l'efficacité ou de la productivité lié à l'utilisation de ressources et la production de pollutions - un seuil parfois appelé "point de découplage absolu" (Akizu-Gardoki et al., 2018). Lorsque le découplage est absolu, les pressions environnementales baissent sans baisse correspondante des activités économiques, ou inversement, les activités économiques augmentent sans augmentation des pressions sur l'environnement.

## 2. La variable motrice : Le produit intérieur brut

Dans le découplage de la croissance économique et des pressions environnementales, le premier terme fait référence à une mesure de l'activité du marché, le plus souvent le produit intérieur brut (PIB) (5) . Le PIB est une mesure de la valeur marchande globale de tous les biens et services finaux produits dans un pays au cours d'une période donnée (souvent annuellement), et c'est la variation de cette valeur qui est appelée croissance économique. Le calcul du PIB est un processus complexe résultant d'un certain nombre de conventions et impliquant un certain nombre de subtilités liées à ce qu'il faut inclure et exclure et à la manière de calculer le PIB. Depuis sa création dans les années 1930, le PIB a fait l'objet de nombreuses critiques pour de nombreux motifs. Bien qu'il ne s'agisse pas ici de passer en revue ces critiques, il convient de dire que la primauté de cet indicateur reflète une définition étroite, potentiellement problématique, de la prospérité. Ceci étant dit, dans notre contexte, il importe de prendre en considération les évolutions du PIB en volume ou "PIB réel", c'est-à-dire de corriger le PIB de l'inflation.

## 3. La variable pilotée : Ressources et impacts

Les pressions environnementales comprennent toutes les conséquences qu'une économie a sur la nature. En suivant le PNUE (2011b), il est possible de distinguer l'utilisation des ressources et les impacts environnementaux. Le découplage des ressources est un découplage entre l'activité du marché et le volume de ressources utilisées (c'est-à-dire extraites de l'environnement), par exemple grâce à des améliorations de l'efficacité ou à un meilleur recyclage qui permettent tous deux une extraction moindre. Cela signifie qu'une production identique ou supérieure en termes monétaires peut être produite avec moins d'intrants matériels. Le terme "ressource" fait ici référence aux "actifs naturels délibérément extraits et modifiés par l'activité humaine pour leur utilité en vue de créer une valeur économique" (PNUE, 2011b, p. 2). (6) Dans ce rapport, nous diviserons les ressources naturelles utilisées pour les activités économiques en quatre catégories : les matériaux (7) , l'énergie, l'eau et les terres (ces deux dernières étant définies au sens large afin d'inclure la biodiversité et les services écosystémiques connexes). Ces ressources peuvent être mesurées à l'aide de différents indicateurs, soit basés sur la production (par exemple, l'extraction nationale, l'approvisionnement en énergie primaire, l'occupation des sols), soit basés sur la consommation (par exemple, l'empreinte matérielle, l'empreinte énergétique, l'empreinte hydrique ou l'empreinte écologique).

---

5 Il existe d'autres moyens de quantifier l'activité économique, comme le temps de travail total ou l'emploi global. Une petite minorité d'études sur le découplage se concentre sur des indicateurs plus globaux tels que l'indice de développement humain (Akizu-Gardo-ki et al., 2018) ; l'indice de bien-être économique durable (Beça et Santos, 2014) ; la satisfaction des besoins et le bien-être humain (O'Neill et al., 2018). Dans le rapport, cependant, nous nous concentrons uniquement sur la croissance économique mesurée comme une augmentation du PIB pour qu'elle soit mesurée comme dans la grande majorité des études de découplage.

6 La manière dont on comptabilise les ressources a son importance. Par exemple, le fait d'inclure l'extraction non utilisée des matériaux (les matériaux et l'énergie utilisés, déplacés ou endommagés dans le processus d'extraction lui-même) conduit souvent à des volumes calculés supérieurs de quelques ordres de grandeur à ceux obtenus en ne comptant que les intrants du processus de production lui-même. Dans le cas du Chili, par exemple, la balance commerciale physique pour l'année 2003 passe d'une exportation nette de 1 million de tonnes en termes de flux directs à une exportation nette de 634 millions de tonnes si l'on inclut les matériaux d'extraction non utilisés (Muñoz et al., 2009).

7 Les matériaux peuvent être subdivisés en catégories plus détaillées comme, par exemple, la biomasse, les carrières d'énergie fossile, les minerais et minéraux industriels, et les minéraux de construction (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 10).

Le découplage des impacts fait référence à un découplage du PIB des impacts environnementaux, c'est-à-dire une diminution des dommages environnementaux par unité de production économique. Les impacts environnementaux peuvent prendre diverses formes, telles que des déchets perturbant la vie marine ou des polluants affectant la santé humaine et animale, la perturbation des processus naturels (par exemple, les cycles de l'azote, du phosphore, du carbone et de l'eau douce) ou la perte de biodiversité. Il existe généralement un lien entre l'utilisation des ressources et les incidences environnementales ; par exemple, l'extraction et l'utilisation d'une plus grande quantité de combustibles fossiles (ressource) génèrent des émissions de CO<sub>2</sub> contribuant au changement climatique (incidence). Bien que la plupart des études empiriques se concentrent sur le changement climatique et les émissions de gaz à effet de serre, tout effet délétère sur la biosphère peut être pris en considération en tant que variable environnementale (par exemple, la pollution lumineuse entraînant une perte de biodiversité, la pollution de l'eau entraînant une eutrophisation).

Dans ce rapport, nous parlerons de découplage global pour les cas où un découplage se produit entre le PIB et tous les indicateurs sélectionnés, y compris l'utilisation des ressources et les impacts environnementaux. Et nous parlerons de découplage partiel pour les cas où un ou plusieurs indicateurs environnementaux se découpent du PIB alors que le couplage demeure ou s'intensifie pour d'autres indicateurs.

## 4. L'échelle : Mondiale ou locale

Le découplage peut être discuté en prenant en considération différents périmètres géographiques. Le découplage local fait référence aux cas où le découplage est observé entre des variables relatives à un périmètre géographique restreint (par exemple un pays ou un bassin hydrographique), tandis que le découplage global correspond au découplage entre deux variables à l'échelle planétaire (par exemple le PIB mondial et les émissions mondiales de gaz à effet de serre). (8)

La pertinence de l'utilisation d'indicateurs locaux ou globaux dépend de la nature de la pression environnementale considérée et de ses causes. Par exemple, pour étudier des problèmes locaux, comme l'eutrophisation de la mer Baltique, dont les causes directes sont situées dans une zone géographique assez bien définie, il est logique d'utiliser des indicateurs locaux, limités, par exemple, au périmètre du bassin versant. En revanche, les problèmes mondiaux comme le changement climatique appellent généralement des indicateurs mondiaux, puisque les gaz à effet de serre sont des polluants transfrontaliers et que le changement climatique est un phénomène planétaire.

Dans un monde globalisé, le choix des frontières considérées pour le système étudié est important. La mondialisation et l'expansion du commerce international ont entraîné une dissociation spatiale entre les lieux d'extraction, de production et de consommation, ce qui rend plus difficile de déterminer qui est responsable de quels impacts. Dans ce contexte, les indicateurs basés sur la production (également appelés indicateurs territoriaux), qui se rapportent à des zones géographiques plutôt qu'à des populations, ne peuvent refléter les responsabilités et sont donc insuffisants.

---

8 On pourrait même aller plus loin et différencier plusieurs niveaux locaux : macroéconomique (par exemple, en prenant en compte l'ensemble de l'ensemble de l'activité nationale), sectoriel (un secteur spécifique de l'économie) et microéconomique (une entreprise, une ville, un ménage). Dans ce rapport, cela ne sera pas nécessaire car la majorité des études empiriques sont soit nationales, soit régionales, soit mondiales pourraient sous-estimer le découplage dans le cas de pays exportateurs qui accueillent des activités impactantes destinées à la consommation d'autres nations.

Une approche plus complète consiste à examiner les indicateurs basés sur la consommation (également appelés "empreinte"), dans lesquels les impacts incorporés provenant des phases de production et de fin de vie des biens et services échangés sont réaffectés géographiquement aux consommateurs finaux. En effet, ne pas comptabiliser les ressources mobilisées et les impacts générés à l'étranger peut conduire à détecter un découplage apparent au niveau local pour les pays importateurs qui délocalisent les activités impactantes à l'étranger. Inversement, les approches territoriales pourraient sous-estimer le découplage dans le cas des pays exportateurs qui accueillent des activités impactantes destinées à d'autres nations.

## 5. Durabilité : Temporaire ou permanent

Tout comme le périmètre géographique, la période de temps d'une étude de découplage est importante. En effet, l'atténuation des pressions environnementales dans une économie en croissance implique non seulement de parvenir à un découplage absolu avec le PIB, mais aussi de maintenir ce découplage dans le temps tant que l'économie croît. En d'autres termes, une croissance économique continue exige un découplage absolu permanent entre le PIB et les pressions environnementales. Cependant, de la même manière que la croissance économique et les pressions environnementales peuvent se découpler à un moment donné, elles peuvent également se recoupler par la suite. Comme le montrent souvent les études empiriques, le découplage peut aussi être temporaire, entraînant une nouvelle augmentation des pressions environnementales après un soulagement temporaire. Dans la littérature, cette situation est décrite par une courbe en forme de N et parfois appelée recouplage ou "relinking" (de Bruyn et Opschoor, 1997 ; Jänicke et al., 1989), ce qui indique un "découplage" des pressions environnementales de la croissance économique par rapport à l'augmentation des revenus par habitant. La probabilité de la persistance d'une telle relation est examinée dans le contexte d'un macro-modèle simple du métabolisme industriel, et la possibilité d'une "reliance" apparaît clairement. (Les données sur les indicateurs spécifiques des pressions environnementales (c'est-à-dire le débit de matériaux, d'énergie et le volume de transport)).

Un tel schéma peut, par exemple, résulter d'un changement important des sources d'énergie. Par exemple, le fait que la Chine abandonne le charbon au profit du pétrole et du gaz et que les États-Unis augmentent la part du gaz naturel dans leur mix énergétique a provoqué un nivellement temporaire des émissions mondiales en 2015 et 2016, selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Mais ce découplage a été de courte durée : une fois le changement achevé et le potentiel de découplage correspondant dépensé, les émissions se sont recouplées avec la croissance économique (+1,6 % en 2017 et +2,7 % en 2018) (Hickel et Kallis, 2019, p.8). Un autre exemple courant de découplage temporaire est la crise financière mondiale de 2007-2008 qui, comme nous le verrons en détail dans la section 2, a momentanément fait baisser les pressions environnementales.

Du point de vue de la durabilité écologique, le type de découplage nécessaire est celui qui est permanent et pas seulement temporaire. En effet, il est peu judicieux de réduire radicalement l'utilisation des ressources ou les émissions à court terme pour retomber à plus long terme sur une voie d'intensité biophysique accrue. En outre, un découplage temporaire n'a qu'un effet marginal sur les pressions environnementales résultant d'impacts cumulatifs, un effet qui se résume à un décalage dans le temps. Les résultats des études de découplage doivent donc être mis en perspective avec la période considérée, car ce qui peut sembler être un découplage sur une courte période (courbe en U inversé) peut sembler différent sur une plus longue période (courbe en N).

## 6. L'ampleur : Suffisante ou insuffisante

Une hausse de 3 % du PIB accompagnée d'une baisse de 2 % des émissions totales de gaz à effet de serre constitue par définition un découplage absolu, mais il en va de même pour une hausse de 3 % du PIB accompagnée d'une baisse de 0,02 % des émissions. Il est clair que le premier est plus souhaitable si l'objectif est d'atténuer le changement climatique. Notre point de vue est le suivant : le succès d'une stratégie de découplage doit être évalué par rapport à des objectifs environnementaux spécifiques, et non en termes d'élasticités de découplage abstraites comme cela est souvent le cas dans la littérature. Une fois ces objectifs définis, on peut alors parler d'un découplage insuffisant ou suffisant pour les atteindre - par exemple, un "découplage absolu dans les limites planétaires" pour Fedrigo-Fazio et al. (2016).

En outre, parler de productivité des émissions ou des ressources mesurée en émissions/ressources par unité de PIB occulte le fait que la plupart des problèmes environnementaux sont causés par des impacts cumulatifs et absolus de différents facteurs. En réalité, non seulement cela implique que pour être efficace, le découplage requis devrait couvrir à la fois l'utilisation des ressources et les impacts, dans les deux dimensions étant absolues, globales et permanentes, mais il devrait également être suffisamment rapide. Bien avant d'être épuisées, les ressources non renouvelables se raréfient et peuvent créer des conflits ou exacerber ceux qui existent déjà. L'adaptation est encore plus difficile en cas de surcharge des écosystèmes ; une fois dépassés - c'est-à-dire si les points de basculement ont été franchis - ils peuvent s'effondrer ou se transformer en un autre type de système (par exemple, une zone forestière devenant une savane). Les deux types de dommages - épuisement et effondrement - sont souvent irréversibles à une échelle de temps pertinente pour l'homme. Même s'il est difficile à mesurer, le découplage peut être considéré comme suffisamment rapide si le point de découplage absolu est atteint avant le franchissement de seuils de dommages irréversibles tels que les neuf frontières planétaires identifiées par Rockström et al. (2009), Steffen et al. (2015) et Steffen et al. (2018). (9)

Le changement climatique fournit un bon exemple de date limite difficile à respecter pour le découplage des impacts absolus. Avec un budget carbone mondial estimé à 580 GtCO<sub>2</sub> qui s'épuise actuellement au rythme de 42 GtCO<sub>2</sub> par an, cela laisse moins de 15 ans au rythme actuel des émissions. Atteindre le zéro CO<sub>2</sub> anthropique net d'ici 2040, nécessaire pour limiter le réchauffement climatique à 1,5°, ce qui, avec un niveau de confiance élevé, requiert une réduction annuelle d'au moins 5 % des émissions actuelles. En suivant cette trajectoire, le budget durera 20 ans et les émissions seront nulles à la fin de la période - avec une baisse de 45% des émissions mondiales d'ici 2030 comme objectif intermédiaire (GIEC, 2018). À la lumière de cette contrainte, et comme nous le montrerons dans la section 2, même la diminution des émissions obtenue dans les cas nationaux les plus réussis de découplage absolu est loin d'être suffisante pour empêcher le réchauffement climatique de franchir un seuil critique.

L'urgence ne concerne pas seulement les impacts mais aussi les ressources. La préservation des ressources non renouvelables est une question d'équité intra et intergénérationnelle. Chaque ressource non renouvelable utilisée à un endroit est une ressource qui ne sera pas disponible à un autre endroit, et chaque ressource non recyclable utilisée aujourd'hui est une ressource qui ne sera pas disponible demain.

---

9 Pour être précis, on devrait dire que les pressions environnementales survenant après le point de découplage, même si elles diminuent, comptent toujours. Il faudrait laisser suffisamment de ressources ou de budgets carbone (ou toute autre mesure des ressources et des impacts) pour pouvoir se permettre de descendre du pic tout en restant dans les limites de la stabilité de l'écosystème.



Quant aux ressources renouvelables, le seuil de consommation durable est fixé par les taux de reconstitution de cette ressource (par exemple, éviter l'épuisement d'un stock de poissons jusqu'à l'extinction ou l'effondrement de la structure du sol). Ainsi, lorsque le PNUE (2014a, p. 123) conclut son rapport en affirmant que "le découplage absolu entre la croissance économique et l'utilisation des ressources est possible", nous tenons à souligner que c'est l'ampleur et le moment de ce découplage qui sont en jeu, plus que sa simple existence statistique.

## 7. L'équité dans la répartition des efforts de découplage

La dernière dimension s'ajoute à la précédente et concerne le concept de "responsabilités partagées mais différenciées" qui, depuis la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (CNUED) de 1992 à Rio, figure dans les accords sur le climat. Le découplage doit être suffisamment important dans les pays riches afin de libérer l'espace écologique nécessaire à la production et à la consommation dans les régions où les besoins fondamentaux ne sont pas satisfaits.

Le fait que des millions de personnes dans le monde n'aient pas accès aux moyens de satisfaire leurs besoins fondamentaux exerce une pression supplémentaire sur les nations riches pour qu'elles réduisent autant que possible les pressions sur l'environnement afin de donner la plus grande marge de manœuvre possible aux communautés vulnérables. Si le fait de faire passer les "pauvres du monde" à un niveau de revenu de 3 à 8 dollars par jour consomme à lui seul 66 % du budget carbone mondial disponible de 2°C (Hubacek et al., 2017), il est impératif que les nations riches lâchent la bride à l'espace climatique restant disponible. Meyer-Ohlendorf et al. (2018) calculent que, si la part du budget carbone est dérivée des chiffres de la population de 2050 afin de mieux tenir compte de l'équité, l'objectif actuel de l'UE pour 2030 devrait presque doubler, passant de 40 % de réduction des émissions à 71 %. En effet, même si les taux métaboliques des pays industriels restaient stables aux niveaux de 2000 (ce qui impliquerait déjà un découplage absolu), le rattrapage du reste du monde, en utilisant la technologie actuelle, quadruplerait en soi les émissions mondiales d'ici 2050 (Fischer-Kowalski et al., 2011, p29), ce qui correspond à des niveaux considérés comme catastrophiques dans le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (GIEC, 2018).

Et encore une fois, dans un monde aux ressources limitées, le moment du pic d'impact importe, car l'"espace d'exploitation sûr" (Steffen et al., 2015) pourrait ne pas être assez grand pour que chaque nation puisse atteindre le pic dans une logique de "croître maintenant, nettoyer plus tard" (Van Alstine et Neumayer, 2010, p. 57). Par exemple, Storm et Schröder (2018, p. 20-21) estiment que si la Chine se développe sur la trajectoire de la courbe environnementale de Kuznets (EKC) basée sur la production qu'ils trouvent pour les émissions de CO<sub>2</sub>, elle épuiserait l'intégralité du budget carbone mondial avant même d'atteindre le tournant hypothétique. Le découplage dans les pays riches peut être considéré comme suffisamment important s'il compense l'augmentation de l'empreinte écologique des nations plus pauvres tout en parvenant à découpler absolument et définitivement la croissance économique mondiale des pressions environnementales à un rythme suffisamment rapide pour éviter de dépasser les seuils environnementaux sûrs (10).

---

10 Il s'agit d'une question morale, et non technique. Ce que nous voulons dire ici, c'est qu'un objectif abstrait de découplage n'a aucun sens s'il n'est pas lié à des objectifs environnementaux concrets, qui devraient eux-mêmes reposer sur des considérations morales.

## Conclusions de la section 1

Comme nous l'avons montré dans cette section, le découplage peut être défini et mesuré de différentes manières. Par conséquent, la réalisation d'une analyse documentaire sur le découplage appelle un certain nombre de précautions. Tout d'abord, il convient d'être clair sur ce qui est découplé de quoi, en précisant les indicateurs choisis pour rendre compte des activités économiques et des pressions environnementales. Il faut notamment se demander si ces indicateurs sont globaux ou locaux et s'ils reflètent des approches territoriales (basées sur la production) ou d'empreinte (basées sur la consommation) (échelle). Il importe ensuite de savoir si le découplage est étudié et discuté en termes relatifs ou absolus, et sur une période courte ou longue (durabilité). Enfin, tout découplage observé doit être mis en perspective avec les seuils environnementaux pertinents et dans un contexte politique plus large afin de déterminer s'il permet d'atteindre les objectifs d'atténuation (ampleur) d'une manière jugée juste (équité). Sur la base de ce cadre analytique, la section suivante propose un examen de la littérature empirique existante sur le découplage.

## II. Le découplage existe-t-il ?

Le découplage se produit-il dans la réalité, et si oui, de quel type de découplage s'agit-il ? L'objectif de cette section est d'évaluer la validité de l'hypothèse du découplage à la lumière des recherches empiriques existantes. Pour ce faire, nous réalisons une analyse documentaire complète d'un certain nombre d'études empiriques ayant testé l'hypothèse du découplage. La discussion qui suit est organisée de manière thématique, en fonction des variables environnementales considérées : (1) les ressources (matériaux, énergie et eau) et (2) les impacts (gaz à effet de serre, polluants terrestres et aquatiques et perte de biodiversité). Dans chaque cas, nous comparons les résultats rapportés par les études en les évaluant par rapport aux différentes dimensions présentées dans la section 1.

Avant de plonger dans la littérature empirique, il convient de raconter comment les scientifiques en sont venus à parler de découplage. Dans les années 1990, plusieurs économistes (Grossman et Krueger, 1995, 1991 ; Panayotou, 1993 ; Shafik et Bandyopadhyay, 1992) ont mené des travaux empiriques qui les ont amenés à penser que la croissance économique était négativement corrélée aux pressions environnementales.<sup>(11)</sup> Les impacts environnementaux augmentaient d'abord, puis diminuaient dans un développement en forme de cloche inversée, que l'on a appelé la courbe de Kuznets environnementale.<sup>(12)</sup> Cette théorie avait de fortes implications politiques, car elle signifiait qu'une nation pouvait sortir d'une crise écologique par la croissance.

Cette hypothèse de ce que le PNUE (2014a, p. 5) appelle un "découplage par la maturation" a inspiré un certain nombre d'études au cours des décennies suivantes, à la recherche d'EKC pour une sélection de variables environnementales. Aujourd'hui, cette hypothèse d'un découplage naturel a perdu de sa force sur les scènes scientifique et politique, alors qu'il a été reconnu que le changement structurel des économies menant au découplage est fortement déterminé par les politiques (Smith et al., 2010 ; UNEP, 2014a).

---

11 Grossman et Krueger (1991) ont étudié les polluants atmosphériques (dioxyde de soufre et autres particules) ; Shafik et Bandyopadhyay (1992) se sont concentrés sur la pollution de l'eau, les déchets municipaux, les particules, le dioxyde de soufre, la déforestation et les émissions de carbone ; et Panayotou (1993) a examiné une série d'indicateurs environnementaux similaires.

12 En 1955, Simon Kuznets a élaboré la théorie selon laquelle, dans le processus d'expansion de l'activité économique, l'inégalité augmente d'abord jusqu'à un maximum, puis diminue - formant ainsi une courbe en U inversé.

La façon d'étudier le découplage est donc passée d'un phénomène semi-naturel à quelque chose qui peut être amené à exister par une intervention politique.

Dans cette perspective, nous présenterons une revue des études empiriques récentes qui ont tenté d'identifier les phénomènes de découplage, en complétant les revues de littérature existantes comme Li et al. (2007), Koirala et al. (2011) ou Mardani et al. (2019). Bien que la revue de la littérature que nous réalisons soit l'une des plus englobantes à ce jour, elle n'est pas systématique et exhaustive, et les affirmations que nous faisons au sujet de la littérature sur le découplage doivent donc être appréciées au regard du pool limité d'articles considérés (voir la liste complète en annexe). Il convient également de noter que la majorité des études portent sur les pays développés (avec des exceptions notables, par exemple Wang et al., 2019), et que les affirmations que nous faisons sur le découplage doivent donc être comprises dans ce contexte. (13)

# 1. Découplage des ressources

## Matériaux

En ce qui concerne l'utilisation globale des matériaux, les preuves sont claires et ne prêtent pas à controverse. Il n'y a pas eu de découplage absolu entre l'utilisation des ressources et la croissance économique. En fait, l'utilisation mondiale des ressources est en hausse et le PIB mondial reste étroitement lié à l'extraction totale des ressources. Ici et dans le reste de cette section, sauf indication contraire, les effets de découplage sont estimés sur la base de variables environnementales basées sur la production.

L'extraction mondiale de matières premières a été multipliée par 12 entre 1900 et 2015, avec une accélération constante depuis le début du 21<sup>e</sup> siècle (Krausmann et al., 2018). (14) Au cours du siècle dernier, l'utilisation moyenne des ressources par habitant a doublé : en 2005, un habitant de la planète avait besoin de 8,5 (Behrens et al, 2007) et 9,2 tonnes (Krausmann et al., 2009) de ressources par an, alors que cent ans plus tôt, ce chiffre n'était que de 4,6 tonnes (PNUE, 2011b, p. 10). (15) Ce n'est qu'au cours des 40 dernières années que l'utilisation totale de matériaux au niveau mondial a triplé (Schandl et al., 2018). L'empreinte matérielle de l'ensemble des nations de l'OCDE a augmenté de près de 50 % entre 1990 et 2008 en relation directe avec l'activité économique, chaque augmentation de 10 % du PIB s'accompagnant d'une augmentation de 6 % de l'empreinte matérielle (Wiedmann et al., 2015). (16)

---

13 Cela ne veut pas dire que le découplage est plus facile dans le Sud. Nous ne voulons pas non plus dire que les questions abordées dans ce rapport concernent uniquement le Nord ; la durabilité écologique devrait être un sujet de préoccupation pour tous. Toutefois, nous partons du principe que si le Nord ne parvient pas à se découpler, il sera difficile de justifier pourquoi le découplage devrait se produire dans les pays à faible revenu et technologiquement moins avancés.

14 L'extraction mondiale de matériaux a augmenté de 53 % entre 2002 et 2015, ce qui signifie qu'"environ un tiers de tous les matériaux qui ont été extraits depuis 1900 ont été mobilisés entre 2002 et 2015 seulement" (Krausmann et al., 2018, p. 139).

15 Schandl et al. (2018, p.4) note que la majeure partie de cette augmentation est récente. En effet, l'extraction moyenne de matières dans le monde est passée de 7 tonnes par habitant en 1970 à 10 en 2010.

16 Bithas et Kalimeris (2018) confirment cette dépendance de l'économie mondiale aux ressources naturelles. Ils calculent que la consommation mondiale de ressources de masse par habitant a augmenté de 78,7 % au cours du siècle dernier (1900-2002) ; cela signifie qu'une multiplication par 4,8 du revenu mondial a entraîné une multiplication par 8,5 du flux de masse. Si l'on considère la biomasse, les vecteurs d'énergie fossile, les minerais et minéraux industriels, et les minéraux de construction, Krausmann et al. (2018) calculent que l'utilisation mondiale de matériaux a été multipliée par 12 sur la période 1900-2015, avec un changement marqué de la dominance de la biomasse renouvelable vers les matériaux minéraux.

Au final, l'intensité matérielle du PIB par habitant a augmenté de 60 % entre 1900 et 2009 (Bithas et Kalimeris, 2018) (17).

Les objectifs mondiaux en matière d'empreinte matérielle sont moins consensuels que les objectifs en matière de carbone, et pourtant un consensus émergent soutient que la consommation de matières doit être plafonnée à un maximum annuel de 50 milliards de tonnes afin de rester écologiquement durable (Bringezu, 2015 ; Dittrich et al., 2012 ; Hoekstra et Wiedmann, 2014 ; PNUE, 2014b). En 2009, ce chiffre était déjà au-dessus du seuil, à 67,6 milliards de tonnes (Giljum et al., 2014).

Un fait surprenant mis en évidence dans toutes les études est que si l'économie mondiale se dématérialisait progressivement depuis longtemps, cette tendance s'est inversée au cours des deux dernières décennies. Alors qu'au siècle dernier, l'utilisation de matériaux était relativement découplée du PIB au niveau mondial, la tendance s'est arrêtée et inversée depuis le début du siècle. Par exemple, Krausmann et al. (2018) montrent que l'évolution de l'intensité matérielle est passée d'un taux négatif de 0,9 % par an entre 1945 et 2002 à un taux annuel positif de 0,4 % entre 2002 et 2015. En tentant le même calcul avec une méthode différente, Bithas et Kalimeris (2018) trouvent des diminutions totales de l'intensité matérielle de l'ordre de 31,9 % pour 1900-1945 et 48,9 % pour 1950-2000, mais seulement une diminution de 0,6 % entre 2000 et 2009. Giljum et al. (2014) parlent d'une rematérialisation, qui est le contraire du découplage, à savoir une augmentation de l'intensité matérielle de l'économie mondiale.

D'emblée, il semble que les pays riches réalisent un découplage relatif plus rapide que les autres. Pourtant, cette performance s'estompe lorsqu'on tient compte du transfert des coûts, c'est-à-dire lorsqu'on examine les comptes basés sur la consommation. Par exemple, Wang et al. (2018) comparent les mesures de l'utilisation des ressources basées sur la consommation (empreinte matérielle) et sur la production (consommation matérielle domestique) pour le cas de six pays, trois de l'OCDE et trois des économies nationales émergentes : Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud (BRICS). L'Australie, le Japon, l'Inde et les États-Unis parviennent à un découplage relatif, mais uniquement parce qu'ils déplacent leur approvisionnement en ressources matérielles à l'étranger. Ce résultat est confirmé à la fois par Bithas et Kalimeris (2018), qui signalent une stagnation de l'intensité matérielle au niveau mondial, et par Wiedmann et al. (2015), qui montrent que l'utilisation de l'empreinte matérielle au lieu de la consommation intérieure de matières (DMC) annule un découplage relatif seulement apparent aux États-Unis, au Royaume-Uni, au Japon, dans l'OCDE et dans l'UE-27.

Il convient de noter que l'utilisation de certains matériaux diminue avec l'augmentation du PIB, même si ce n'est souvent que localement - par exemple l'aluminium aux États-Unis entre 1985 et 2009 (Zhang et al., 2017). Mais ce phénomène est contrebalancé par l'extraction d'une plus grande quantité du même matériau ailleurs ou par d'autres matériaux dont l'utilisation augmente encore plus rapidement. Par exemple, les quantités mondiales de minerai de fer et de bauxite extraites ont augmenté plus rapidement que le PIB mondial au cours de la période 1980-2002 (Wiedmann et al., 2015).

---

17 Même résultat pour Giljum et al. (2014) : 93,4 % d'augmentation de la consommation mondiale entre 1980 et 2009, qui devient 132 % lorsqu'elle est étendue à l'année 2013 (" The Material Flow Analysis Portal ", 2015). Là encore, ce rythme s'accélère au tournant du siècle : environ 2,5 % d'augmentation moyenne par an sur la période mais 3,4 % de hausse entre 2000 et 2009 (Giljum et al., 2014) ou 3,85 % entre 2002 et 2013 (Materialflows.net, 2015).

## Énergie

Le cas de l'énergie est moins tranché que celui des matériaux. Les études divergent sur leurs résultats et sont difficiles à comparer car elles mesurent la consommation d'énergie différemment et le font à des échelles géographiques différentes.

En examinant la consommation finale d'énergie au niveau territorial sur la période 1971-2004, Luzzati et Orsini (2009) ne trouvent aucune preuve de l'existence d'une courbe de Kuznets environnementale, ni à l'échelle mondiale, ni au niveau des pays individuels. Ils constatent plutôt que la relation entre le PIB par habitant et la consommation d'énergie est stable, les deux indicateurs augmentant de manière monotone. Semeniuk (2018) utilise des données pour 180 pays entre 1950 et 2014 et constate que l'intensité énergétique primaire est constante avec la croissance. Cependant, Csereklyei et al. (2016) trouvent des cas de découplage seulement relatif entre la consommation d'énergie primaire et le PIB pour 99 pays sur la période 1970-2011.

Wu et al. (2018) trouvent effectivement trois cas de découplage absolu (États-Unis, France et Royaume-Uni) entre 2005 et 2015 en utilisant des approches basées sur la production (ils utilisent des indices de découplage qui ne précisent pas de combien la consommation d'énergie a réellement diminué) et un cas de découplage relatif en Allemagne. Wood et al. (2018) trouvent une tendance mondiale de découplage relatif pour la période 1995-2011 entre la consommation finale et le PIB. Cependant, il est plus courant pour les auteurs de trouver des situations de découplage relatif, principalement à l'échelle régionale : Ward et al. (2016) en Australie pour la consommation finale d'énergie, Kovacic et al. (2018) dans 14 pays de l'UE (1995-2013) entre la consommation d'énergie et les heures de travail, Conrad et Cassar (2014) à Malte (1995-2012), et van Caneghem et al. (2010) dans l'industrie flamande (1995-2006).

Pourtant, comme pour le cas des matériaux, un découplage dans une région cache souvent un recouplage ailleurs. Moreau et Vuille (2018) testent cette hypothèse à l'aide d'une analyse entrées-sorties pour la Suisse entre 2000 et 2014. Résultat : la diminution de l'intensité énergétique finale territoriale semble être compensée par une augmentation de l'énergie incorporée dans les importations. En tenant compte de cet élément, l'intensité énergétique reste à peu près la même. Dans cette étude spécifique, les volumes absolus augmentent tant lorsqu'ils sont mesurés à l'aide d'une approche territoriale (+1%, ce qui est le résultat d'une diminution de l'intensité énergétique domestique de 44% compensée par une augmentation du volume de 45%) que lorsqu'ils sont mesurés à l'aide d'une approche par empreinte (+24,5%), même si la différence est significative. En examinant le découplage relatif souvent cité entre la consommation d'énergie et la croissance économique au Royaume-Uni au cours des 15 dernières années, Hardt et al. (2018) montrent que la majorité des améliorations de l'intensité énergétique n'est pas due à une meilleure efficacité, mais plutôt à la délocalisation.

L'illusion n'est pas seulement géographique mais aussi parfois sectorielle. En utilisant des données sectorielles pour 18 pays de l'UE entre 1995 et 2008, Naqvi et Zwickl (2017) constatent que même si, en moyenne, un découplage relatif se produit dans presque tous les secteurs, aucun pays ne parvient à découpler absolument la consommation d'énergie finale et le PIB dans l'ensemble de l'économie.

Enfin, le fait que le découplage se produise pendant une certaine période ne garantit pas son maintien dans le temps. En analysant la République tchèque, la Hongrie, la Pologne et la Slovaquie sur la période 1990-2015, Szlavik et Szép, (2017) montrent que si découplage absolu il y a eu, il n'a duré que pendant de courtes périodes et seulement à des endroits spécifiques, par exemple en Pologne de 2011 à 2014. Ces ruptures éphémères dans la relation de couplage s'expliquent le plus souvent par des crises économiques et des restructurations politiques, et non par l'introduction continue de technologies et de pratiques toujours plus efficaces.

## Eau

Le découplage peut être observé sur une variété de mesures de l'" utilisation " de l'eau, y compris le prélèvement d'eau (également appelé " abstraction "), qui mesure la quantité d'eau prélevée d'une source naturelle (comme un lac ou une rivière), et la consommation d'eau, qui mesure l'eau utilisée qui ne sera pas renvoyée à sa source, et donc non disponible pour être réutilisée (18). Le PNUE a récemment publié un rapport intitulé *Decoupling Economic Growth From Water Use And Water Pollution* (PNUE, 2015), qui affirme qu'en utilisant des indicateurs territoriaux de l'utilisation de l'eau, de nombreux pays ont atteint une forme relative de découplage (UN-Water, 2009), et il en a été de même pour le monde entier à partir des années 1940 (PNUE, 2015, p. 12). Des études similaires axées sur la production montrent que le rythme du découplage s'est considérablement accéléré après les années 1980, l'intensité en eau de la production au niveau mondial ayant diminué chaque année de 1 % entre 1980 et 2000 (Dobbs et al., 2011). La Chine est un exemple frappant, sa consommation d'eau étant restée constante depuis les années 1980, parallèlement à plusieurs décennies de croissance économique à deux chiffres (Gleick, 2003). Certains pays ont même connu un découplage absolu. C'est le cas de l'Australie qui a réduit sa consommation totale d'eau de 40% sur la période 2001-2009 tout en augmentant son PIB de plus de 30% (Smith, 2011).

Aussi prometteurs que ces chiffres puissent paraître, le découplage relatif de l'eau et les gains d'efficacité ont été plus qu'annulés par l'expansion des activités économiques, entraînant une augmentation nette de la consommation d'eau. Les pays ou régions en voie d'industrialisation peuvent en effet réduire l'utilisation globale de l'eau en diminuant la production agricole. Cependant, les diminutions de la production agricole à un endroit nécessitent des augmentations ailleurs, et même une industrialisation économe en eau se traduit souvent par une augmentation nette de l'utilisation industrielle de l'eau. Même les gains d'efficacité dans l'agriculture peuvent dans certains cas générer des effets de rebond entraînant une augmentation nette de l'utilisation de l'eau (Loch et Adamson, 2015 ; Ward et Pulido-Velazquez, 2008).

Une étude de cas de la ville de Tianjin (Chine), présentée comme la plus grande éco-ville du monde et un modèle pour l'urbanisation durable dans le monde entier (Baeumler et al., 2009), est un parfait exemple d'un découplage relatif qui se traduit tout de même par une augmentation globale de la consommation d'eau. Selon les recherches récentes de Wang et Li (2018), l'utilisation industrielle de l'eau et la croissance économique rapide de la ville sont toujours étroitement couplées, et peut-être même de plus en plus. Les données de 2005-2015 indiquent que même si le taux de croissance moyen de la consommation d'eau industrielle (+0,18 %) était inférieur à celui du PIB (+15,42 %), les périodes de croissance économique plus rapide ont été marquées par un couplage plus fort avec la consommation d'eau industrielle.

Comme pour les matériaux, il suffit de regarder la consommation mondiale pour se rendre compte que les gains d'efficacité sont dépassés par les augmentations de volume. Au niveau mondial, Wada et Bierkens (2014) estiment que la consommation humaine d'eau a été multipliée par plus de deux (~250%) entre 1960-2010, la majeure partie étant attribuable à l'expansion de l'agriculture irriguée. En ce qui concerne le prélèvement mondial d'eau, la base de données AQUASTAT de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016) montre une expansion légèrement plus faible, passant de 2 500 km<sup>3</sup>/an en 1960 à près de 7 000 km<sup>3</sup>/an en 2010. Dans certaines parties de l'Australie et de la Californie où un découplage absolu peut être observé, la consommation d'eau reste à des

---

18 Le découplage peut également être observé entre le prélèvement et la pollution, ainsi que sur l'utilisation per capita ou totale au sein des différents secteurs économiques qui utilisent l'eau, ce que nous aborderons dans la prochaine partie sur le découplage des impacts.

niveaux insoutenables, comme en témoigne le nombre croissant de "sécheresses anthropiques" (AghaKouchak et al., 2015 ; Ashraf et al., 2017). Celles-ci doivent être considérées comme des cas de découplage insuffisant.

Une autre remarque a trait à l'eau incorporée dans le commerce. Comme pour la question de l'énergie intrinsèque, la plupart des études de découplage sur l'eau ne tiennent pas compte de ce que l'on appelle l'"eau virtuelle" (Allan, 1998), c'est-à-dire l'eau intrinsèque des produits (par exemple, un kilo de bœuf nécessite environ 15 000 litres d'eau tout au long de la chaîne de production). Les pays riches réduisent leur consommation d'eau domestique en important des produits à forte consommation d'eau de l'étranger, déplaçant ainsi leur empreinte hydrique et tous les problèmes environnementaux qui y sont liés vers d'autres pays.

Les études qui tiennent compte de l'"empreinte hydrique" (Hoekstra, 2017) constatent que les pays riches confrontés à une pénurie d'eau ont tendance à réduire leur consommation d'eau locale en important de l'eau virtuelle (Oki et al., 2017). Dans une étude transnationale, Wang et al. (2016) confirment que le découplage entre l'utilisation domestique d'eau bleue et la croissance économique dans les nations à revenu élevé se produit par le biais des flux d'eau virtuelle incarnés par le commerce. Le même résultat vaut pour Feng et Hubacek (2015) qui ont utilisé une analyse entrée-sortie multirégionale pour comprendre les flux d'eau virtuelle mondiaux, ainsi que pour d'autres études qui tentent de mesurer cette externalisation de l'empreinte hydrique (Fulton et al., 2014, 2012 ; Katz, 2008). L'importation de services, de produits de base et d'énergies à forte intensité d'eau peut créer des conditions d'instabilité géopolitique. Pour ceux qui sont concernés par le risque hydrique mondial et les implications pour la justice de l'eau, le sacrifice d'un bassin versant pour la santé d'un autre va à l'encontre de la compréhension et de la promesse du découplage mondial de l'eau.

## 2. Découplage des impacts

### Les gaz à effet de serre

Le cas du dioxyde de carbone est le plus ambigu de tous et nécessite une discussion détaillée. La plupart des études révèlent des schémas de découplage relatif dans les premiers pays industrialisés et au-delà - par exemple, 79 pays dans l'étude de Lonhofer et Jorgenson (2017) portant sur la période 1970-2009. (19) Certaines études font même état de cas de découplage absolu, bien que le plus souvent pendant de courtes périodes, uniquement dans des endroits spécifiques et souvent en utilisant des indicateurs (territoriaux) basés sur la production. On pourrait s'en réjouir, mais malheureusement, l'ampleur de la diminution des émissions est négligeable. Dans l'ensemble, la littérature examinée converge pour dire qu'il n'y a jamais eu de modèle mondial de découplage absolu entre le CO<sub>2</sub> et la croissance économique.

Mais examinons les détails en commençant par la littérature sur la courbe de Kuznets environnementale. Si tant est qu'elle existe, l'existence d'une courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de CO<sub>2</sub> ne peut être confirmée que dans le cadre d'études uniques (Azam et Khan, 2016).

---

19 Également Conrad et Cassar (2014) pour Malte (1995-2012) ; Jiang et Li (2017) pour plusieurs courtes périodes aux États-Unis ; Marques et al. (2018) pour l'Australie (1975-2016) ; Wu et al. (2018) dans huit pays à revenu élevé et intermédiaire (1965-2015) ; et Wood et al. (2018) à l'échelle mondiale.



Les trois méta-analyses que nous avons examinées ne trouvent aucune preuve de découplage sur la période 1995-2005. (20) Sur 588 observations, Li et al. (2007) ne trouvent pas un seul cas de découplage absolu du CO<sub>2</sub> sur la période 1995-2005. En revanche, ils constatent une EKC pour les gaz à effet de serre plus locaux (tels que le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>x</sub>, le CO, le NO<sub>2</sub> et le SO<sub>x</sub>), mais à un point d'inflexion du revenu de 37 000 USD par habitant, ce qui est sept fois supérieur au PIB moyen par habitant de la planète en 2000 et donc pratiquement inaccessible si nous voulons rester en deçà de l'objectif de 1,5 °C pour le réchauffement climatique. Koirala et al. (2011) ont mobilisé environ 900 observations provenant de 103 études pour leur méta-analyse, et, ne parviennent pas à identifier d'EKC carbone. L'examen le plus récent en date, celui de Mardani et al. (2019), va dans le même sens. Après avoir examiné 175 études sur la période 1995-2017, ils concluent : "Si ce [découplage] s'est produit en termes absolus dans quelques pays, la principale tendance dans la plupart des pays développés est que les émissions augmentent, ou se stabilisent à un niveau élevé. On peut difficilement prétendre qu'il existe suffisamment de preuves empiriques pour supposer l'existence d'une EKC pour les intensités d'émission de CO<sub>2</sub>."

Le découplage absolu ne peut être repéré qu'en restreignant le champ d'observation, c'est-à-dire en réduisant soit la période d'étude, soit le périmètre géographique. Par exemple, Chen et al. (2018) analysent les émissions totales de 30 pays de l'OCDE entre 2001 et 2015. Ce qu'ils ont constaté, c'est que le PIB a augmenté de 70,6 % sur la période, les émissions de CO<sub>2</sub> ayant diminué de 3,8 %, l'essentiel de cette baisse ayant eu lieu entre 2010 et 2015. L'Agence européenne pour l'environnement (AEE) fait état d'une réduction absolue de 22 % des émissions de carbone entre 1990 et 2017, soit une moyenne de 49 MtCO<sub>2</sub>e par an (AEE, 2018). Madaleno et Moutinho (2018) trouvent des preuves d'un découplage absolu temporaire dans l'UE-15 pour les émissions territoriales, mais seulement entre 1996 et 1999 (toute la période d'étude s'étendait de 1995 à 2014). De même, Roinioti et Koroneos (2017) ont trouvé deux incidences de découplage absolu temporaire, d'une durée de un et deux ans respectivement pour le cas de la Grèce entre 2003 et 2013. Cansino et Moreno (2018) trouvent un effet de découplage absolu au Chili, mais seulement pour des années spécifiques de leur période d'étude (1991-2013).

Les cas de découplage absolu sont plus susceptibles d'être observés en regardant des zones géographiquement restreintes et en ne tenant pas compte des relations et des échanges avec le reste du monde. En se concentrant sur les indicateurs d'éco-efficacité des industries en Flandre, Van Caneghem et al. (2010) rapportent un découplage absolu observé entre 1995 et 2006. L'étude d'Azam et Khan (2016) indique qu'un découplage absolu entre les émissions territoriales et le PIB a eu lieu en Tanzanie et au Guatemala en utilisant des données chronologiques annuelles basées sur la production entre 1975 et 2014. D'autres preuves sont apportées par Lean et Smyth (2010) pour Singapour en utilisant des mesures basées sur la production entre 1980 et 2006.

Quatre remarques sur ces résultats. Tout d'abord, si découplage absolu il y a, il reste infinitésimal. Par exemple, 3,8 % en 14 ans (Chen et al., 2018) est une maigre performance - soit un taux de croissance annuel composé de -0,28 % par an, ce qui reste 18 fois trop lent par rapport à l'objectif de 1,5°C du GIEC (2018) d'une diminution annuelle de 5 %.

---

20 Concernant une qualité méthodologique des études EKC, Galeotti et al. (2006) montrent que les ensembles de données ont des impacts négligeables sur les résultats. Toutefois, il convient de prêter attention aux erreurs de spécification économétrique. Itkonen (2012) et Wagner (2008) constatent qu'une mauvaise application des méthodes conduit souvent à un biais d'omission et donc à des déclarations erronées - des critiques similaires ont été formulées précédemment par Stern (2004).

La diminution de 8 % des émissions entre 2007 et 2015 rapportée par l'Agence internationale de l'énergie ne représente qu'une réduction annuelle de 1 % (AIE, 2016) ; et le découplage dans l'UE rapporté par l'AEE devrait être multiplié par 5 pour atteindre un objectif d'atténuation de -95 % pour 2050. D'autres taux de découplage absolu tout aussi décourageants sont constatés par Pilatowska et Wlodarczyk (2018) en Belgique, au Danemark, en France et au Royaume-Uni (1960-2012). Dans leur étude comparative, l'effet le plus fort a été observé au Danemark, avec moins 1,8 % d'émissions par an parallèlement à une hausse de 1,16 % du PIB. Aussi encourageant que cela puisse paraître, selon le GIEC (2018), il faudrait que cette augmentation soit trois fois plus rapide et qu'elle se produise simultanément dans tous les pays pour que le réchauffement de la planète ne dépasse pas la limite de 1,5°C. Tout cela appelle à une accélération des efforts. Pourtant, les études montrent le contraire : la vitesse de découplage dans les pays à revenu élevé ralentit (Fosten et al., 2012), car l'ensemble des mesures faciles à mettre en œuvre s'épuise de plus en plus. Ce constat est également conforme aux projections actuelles de l'AEE (2018) concernant l'impact des politiques.

Deuxièmement, même si le découplage peut être repéré sur une certaine période, il est susceptible de disparaître si l'on prolonge l'horizon temporel de l'étude. Wang et al. (2018) observent effectivement plusieurs périodes aux États-Unis où les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie diminuent parallèlement à une croissance du PIB : -1,75 % (2000-2001), -1,61 % (2005-2006), et entre -2 et -3,31 % (2010-2012). Si l'étude n'avait porté que sur ces périodes, on pourrait parler d'un découplage absolu évident. Or, étalée sur une période plus longue (2000 à 2014 dans leur étude), la diminution des émissions est toujours absolue mais s'élève en moyenne à 0,006% par an, ce qui est environ 833 fois trop lent par rapport aux recommandations du GIEC. En outre, une raison importante de cette baisse est le passage du charbon au gaz, une mesure ponctuelle facilitée par le boom temporaire du pétrole et du gaz de schiste aux États-Unis, qui ne peut constituer une tendance permanente.

Troisièmement, la plupart de ces études ne prennent en compte que les mesures basées sur la production. En revanche, celles qui adoptent une perspective basée sur la consommation trouvent des résultats considérablement différents. La dernière stratégie climatique à long terme mise en avant par la Commission européenne indique que l'Europe est parvenue à découpler avec succès les émissions de gaz à effet de serre de la croissance économique au cours des dernières décennies (Commission européenne, 2018). (21) Toutefois, cela ne comprend que les émissions territoriales et non les émissions fondées sur la consommation, y compris les émissions intégrées dans le commerce international. Selon van de Lindt et al. (2017), alors que les émissions territoriales ont diminué de 13 % au cours de la période 1990-2010, l'empreinte carbone au cours de la même période a augmenté de 8 %.

De même, Jiborn et al. (2018) montrent que la Suède et le Royaume-Uni (1995-2009) sortent de la liste des découplages absolus lorsque les fuites de carbone sont prises en compte (voir également les résultats de Hardt et al., 2018 ci-dessus). Ce qui reste, c'est le découplage relatif : une hausse du PIB (2,9 % par an pour le Royaume-Uni et 3,2 % pour la Suède) s'accompagne d'une hausse plus faible - mais hausse tout de même - des émissions (1,8 % par an pour le Royaume-Uni et 1,3 % pour la Suède). Cohen et al. (2018) parviennent au même résultat pour le Royaume-Uni et la France (1990-2014) ; si les émissions de gaz à effet de serre basées sur la consommation sont comptabilisées sur la base de l'empreinte, le découplage absolu disparaît (l'exception est l'Allemagne en raison des exportations à fortes émissions de l'industrie automobile).

---

21 Le document de réflexion sur les objectifs de développement durable (Parlement européen, 2019) parle bien d'un découplage absolu basé sur la consommation tout en faisant référence à l'analyse de ses stratégies à long terme (Commission européenne, 2018). Outre cette affirmation, cependant, nous n'avons trouvé aucune trace d'une quelconque preuve à l'appui dans l'un ou l'autre de ces documents.

Même cas pour Singapour, pour lequel Schulz, (2010) contraste avec le résultat de Lean et Smyth (2010) montrant que le découplage est seulement relatif une fois que les émissions indirectes liées au commerce sont prises en compte.

Même uniquement en termes de découplage relatif, la différence est importante. Cohen et al. (2018) identifient douze pays en situation de découplage relatif (Brésil, Mexique, Turquie, Corée, Afrique du Sud, Indonésie, Inde, Chine, Canada, Japon, Australie et États-Unis) en considérant les émissions territoriales, mais seulement deux (Royaume-Uni et France) en mesurant l'empreinte des gaz à effet de serre. Storm et Schröder (2018) analysent les données de 61 pays de l'OCDE entre 1995 et 2011 à la recherche de courbes de Kuznets pour le carbone. Ce qui ressemble à un découplage dans les émissions de CO<sub>2</sub> basées sur la production (avec un point d'inflexion à 56 000 dollars de revenu annuel par habitant) cesse de l'être lorsqu'on comptabilise le carbone importé (point d'inflexion à 93 000 dollars, ce qui est en dehors de leur échantillon).

Enfin, il faut prendre en compte la crise financière mondiale de 2007-2008 et la crise de la zone euro qui a suivi pour leurs conséquences sur l'activité économique et donc les émissions. La diminution rapide des émissions pendant la crise est peu surprenante. La plupart des études décomposant les effets de différentes variables sur les émissions de CO<sub>2</sub> (consommation d'énergie, intensité énergétique, intensité carbone, PIB) concluent que le PIB est l'un des plus grands moteurs des émissions de CO<sub>2</sub> (Cansino et Moreno, 2018 ; Chen et al., 2018 ; Jiang et al., 2016 ; Madaleno et Moutinho, 2018 ; Roinioti et Koroneos, 2017). L'examen de 175 études par Mardani et al. (2019) met même en évidence un couplage bidirectionnel entre le PIB et les émissions de CO<sub>2</sub>. Même si une récession réduit peut-être les impacts à court terme (Declercq et al., 2011 ; Feng et al., 2015 ; Roinioti et Koroneos, 2017), elle peut difficilement être considérée comme un succès politique en termes de découplage pour les défenseurs de la croissance verte.

Pour finir, examinons de près une étude spécifique sur le découplage qui a été largement diffusée dans les médias. En 2016, le World Resource Institute (WRI) a publié sur son site web un article intitulé "Les chemins du découplage : 21 pays réduisent leurs émissions de carbone tout en augmentant leur PIB" (Aden, 2016). Pour être précis, ils montrent les preuves d'un découplage absolu entre le PIB et les émissions territoriales de gaz à effet de serre entre 2000 et 2014 dans le cas de 21 pays. Même si l'on prend ces résultats au pied de la lettre, la diminution des émissions reste trop faible. D'après leur estimation, le pays au découplage le plus rapide est le Danemark, avec une réduction de 30 % sur la période. Si une réduction de 30 % peut sembler impressionnante, il ne s'agit que d'une diminution annuelle composée de 2,5 %, soit la moitié de ce que recommande le GIEC. La réduction moyenne pour les 21 pays est de 15 % en 14 ans (1,15 % par an, ce qui est encore quatre fois trop lent pour les normes du GIEC (2018) de 5 % de réduction par an).

Ce chiffre devient considérablement plus faible si l'on considère les émissions de l'empreinte. Evans et Yeo (2016) refont le calcul avec des indicateurs basés sur la consommation. Trois pays (Slovaquie, Suisse et Ukraine) quittent la liste. L'effort d'atténuation des émissions danoises se réduit de 30 % à 12 %. Alors que la réduction moyenne pour les 20 pays qui ont atteint le découplage territorial (nous avons retiré l'Ouzbékistan pour lequel aucune donnée d'empreinte n'est disponible) est de 15,75 % au total sur la période, le découplage de l'empreinte n'est que de 7,46 % (soit 706,7 Mt de CO<sub>2</sub> économisées en 14 ans), c'est-à-dire une baisse annuelle composée de 0,55 % des émissions. Une fois encore, il convient de rappeler qu'il s'agit des nations les plus performantes en termes d'atténuation et que le reste du monde reste sur la voie d'une augmentation du PIB et des émissions.

Ces chiffres doivent être lus avec précaution car le calcul des émissions de l'empreinte écologique n'en est qu'à ses débuts et est extrêmement complexe (Sato, 2014). Compte tenu des données inexistantes et du niveau de sophistication des modèles actuels, il est plus probable de sous-estimer les émissions que l'inverse. Par exemple, les émissions de l'aviation et du transport maritime sont systématiquement exclues des comptes nationaux. Dans l'UE28 (plus l'Islande, la Norvège et la Suisse), les émissions de CO<sub>2</sub> dues au seul transport aérien ont été estimées à 151 Mt en 2014 ; bien qu'elles n'aient augmenté que de 5 % depuis 2000, elles devraient encore progresser de 45 % jusqu'en 2035 (EASA-EEA-EUROCONTROL, 2016). L'hypothèse de 150 Mt par an revient à 2100 Mt de CO<sub>2</sub> émises sur la période 2000-2014, soit trois fois toutes les émissions qui ont été économisées grâce au découplage absolu dans le recalcul de l'empreinte d'Evans et Yeo (2016) de l'étude du World Resource Institute (Aden, 2016).

## Terre

Il existe très peu d'études empiriques qui ont testé l'hypothèse du découplage en choisissant des mesures foncières comme variables environnementales. Et pourtant, on peut trouver dans la littérature connexe de nombreuses preuves que, avec l'augmentation du revenu, l'espace de vie par habitant augmente, et avec lui la superficie des sols imperméabilisés. Ainsi, cette section se concentre sur les relations générales entre le PIB et l'utilisation des sols.

Dans la littérature, différentes définitions sont utilisées pour décrire l'utilisation des sols. Weinzettel et al. (2013, p. 433) la désignent comme "l'utilisation des terres et des océans à travers les chaînes d'approvisionnement internationales jusqu'à la consommation finale, en modélisant les produits agricoles, alimentaires et forestiers", qui est mesurée soit par l'utilisation des terres (gha/habitant), soit par la fraction de l'empreinte totale mondiale (%). Une autre mesure est l'appropriation humaine de la production primaire nette (HANPP). Le dernier terme est le carbone total produit annuellement par la croissance des plantes, tandis que le premier terme tient compte de la biomasse récoltée et du changement d'affectation des terres induit par l'homme (Krausmann et al., 2013). D'autres mesures sont par exemple l'empreinte écologique (Bagliani et al., 2008 ; Borucke et al., 2013 ; Caviglia-Harris et al., 2009). D'autres articles ne font référence qu'à des variables uniques comme les terres cultivées (Sandström et al., 2017 ; Tilman et al., 2011) ou les forêts (Kumar et Aggarwal, 2003).

La littérature existante ne fournit aucune indication d'un découplage absolu de l'activité économique et de l'utilisation des terres, mais seulement des indications relatives. Conrad et Cassar (2014) trouvent des preuves d'un découplage relatif entre la superficie des terres affectées par le développement et le PIB à Malte entre 1995 et 2012. À l'échelle mondiale, l'empreinte écologique a augmenté en même temps que la croissance économique, ne montrant aucun signe de découplage (Bagliani et al., 2008 ; Caviglia-Harris et al., 2009). Krausmann et al. (2013) constatent qu'alors que la population humaine a été multipliée par quatre et la production économique par 17, l'appropriation humaine mondiale de la production primaire nette n'a que doublé, en raison de gains d'efficacité considérables entre 1910 et 2005. Pour différentes mesures et régions, ces tendances relatives sont également soutenues par d'autres études (Conrad et Cassar, 2014 ; Kastner et al., 2014 ; Tilman et al., 2011 ; Weinzettel et al., 2013), mais aucun découplage absolu ne peut être observé. (22)

---

22 Un examen plus approfondi de l'empreinte écologique des pays et de leur biocapacité disponible met en évidence le cas intéressant de la Finlande, dont l'empreinte écologique a diminué de 6,5 % entre 2002 et 2005, alors que le PIB a augmenté de 9,5 % au cours de la même période, tout en restant dans les limites de la biocapacité disponible (Mattila, 2012). Cependant, cela est principalement dû à une mauvaise comptabilisation, comme l'a montré Mattila (2012).

Prenons l'exemple des terres cultivées. Au niveau mondial, la superficie des terres cultivées pour la production alimentaire a augmenté de 32 % entre 1963 et 2005 (Kastner et al., 2014), principalement en raison de l'augmentation de la demande de calories animales, elle-même fortement influencée par le revenu par habitant (Tilman et al., 2011). Weinzettel et al. (2013) affirment que pour chaque doublement du revenu, l'empreinte foncière a augmenté de 35 %.

Non seulement le revenu est en corrélation avec l'utilisation des terres, mais il l'est également avec le déplacement net des terres, c'est pourquoi les indicateurs d'empreinte sont d'une grande importance pour comprendre la relation entre l'activité économique et l'utilisation des terres. Lorsque le commerce est pris en compte, les pays à revenu élevé utilisent plus de terres biologiquement productives par habitant que les pays à faible revenu (Weinzettel et al., 2013). L'empreinte foncière de l'UE était de 2,5 hectares globaux (gha) par personne, contre une moyenne mondiale de 1,2 gha par personne et une biocapacité totale de 1,8 gha. Pour chaque revenu supplémentaire de 10 000 dollars par habitant, entre 0,1 et 0,4 gha par personne sont déplacés en dehors du pays consommateur (Weinzettel et al., 2013), ce résultat est soutenu par d'autres études (Kastner et al., 2014 ; Yu et al., 2013). Au total, 60% des terres sont utilisées pour les exportations (Weinzettel et al., 2013) alors que les pays à haut revenu sont les plus grands importateurs nets. Par exemple, 33 % de l'utilisation totale des terres à des fins de consommation aux États-Unis est déplacée depuis d'autres pays - ce ratio devient beaucoup plus important pour l'UE (plus de 50 %) et le Japon (92 %) (Yu et al., 2013). En 2004, un citoyen européen moyen s'est approprié 2,53 gha, contre une moyenne mondiale de 1,23 gha (Steen-Olsen et al., 2012).

La production agricole est couplée aux pressions environnementales et le déplacement des terres via le commerce international signifie que les coûts écologiques sont également déplacés (Lambin et Meyfroidt, 2011 ; Tukker et al., 2016 ; Weinzettel et al., 2013 ; Yu et al., 2013). Les importations de cultures et de bétail de l'UE sont un moteur important de la déforestation mondiale sur la période 1990-2008 ; par exemple, plus de 90 % des impacts de la Finlande sur la biodiversité se produisent ailleurs via ses importations (Sandström et al., 2017). Les changements associés dans l'utilisation des terres devraient augmenter les émissions de gaz à effet de serre, dont environ un quart résulte déjà de l'utilisation et des changements d'utilisation des terres (Tilman et al., 2011). Schreinemachers et Tipraqsa (2012) constatent que l'utilisation de pesticides, d'herbicides et de fongicides ne diminue pas lorsque les pays atteignent des revenus plus élevés, et reste fortement associée à la production agricole. Cela montre que la relation entre l'activité économique et l'utilisation des terres est également liée à d'autres défis environnementaux, tels que la perte de biodiversité, la pénurie d'eau, le changement climatique et la consommation d'énergie.

## Polluants de l'eau

Le rapport susmentionné du PNUE s'appuie sur des recherches sur le découplage de l'eau ou la "déshydratation" qui ne tiennent explicitement pas compte de la pollution de l'eau (PNUE, 2015, p. 2). Si des avancées majeures ont été réalisées pour limiter la pollution de l'eau dans la production industrielle et agricole, la contamination de l'eau reste un problème mondial qui contribue à augmenter les points chauds de la pollution de l'eau dans le monde (Strokal et al., 2019). La majeure partie de la pollution mondiale de l'eau provient de la production de produits industriels et agricoles destinés au commerce régional et mondial (Liu et al., 2017 ; Mekonnen et Hoekstra, 2016 ; Vörösmarty et al., 2015 ; Zhao et al., 2016, 2015).

Le concept de flux de retour, c'est-à-dire la différence entre le prélèvement et la consommation, est essentiel à notre compréhension de la pollution de l'eau. Le flux de retour concentre les impacts de pollution de la production dépendant de l'eau. L'assainissement des flux de retour peut être réalisé

grâce aux progrès des technologies de production plus propre, souvent motivés par la création et l'application de réglementations environnementales. Ces technologies ont un coût élevé, ce qui peut inciter à déplacer la production vers des régions où les réglementations environnementales relatives à la pollution de l'eau sont moins nombreuses ou moins strictes. Comme l'indique l'étude de Schwarzenbach et al. (2010) sur la pollution de l'eau et la santé humaine dans le monde, la production bon marché dans les économies émergentes reste associée à des niveaux élevés de pollution de l'eau. L'externalisation de la production toxique et à forte consommation d'eau peut conduire à un découplage local, régional et national de la croissance économique des impacts sur la qualité de l'eau au niveau des bassins, cependant, à l'échelle mondiale, les problèmes de qualité de l'eau restent les mêmes ou sont dans certains cas exacerbés (van Vliet et al., 2017).

L'accumulation d'azote et de phosphore, les deux principaux macroéléments nécessaires à la production agricole, entraîne une eutrophisation et des zones mortes dans les écosystèmes aquatiques, qui se sont répandues de manière exponentielle depuis les années 1960 (Diaz et Rosenberg, 2008). L'azote est également libéré dans l'atmosphère, où, sous forme réactive, il a un effet de serre plus important que le dioxyde de carbone. Les taux d'utilisation d'engrais N et P par unité de surface cultivée ont augmenté d'environ 8 fois et 3 fois, respectivement, depuis l'année 1961 (Lu et Tian, 2017). Selon Lu et Tian (2017), le ratio d'engrais a augmenté de 0,8g N/g P par décennie au cours de la période 1961-2013, ce qui a des implications d'origine humaine sur le changement climatique, la qualité de l'eau et les écosystèmes, la sécurité alimentaire et les agro-écosystèmes au sens large. En outre, les récentes perspectives sur la demande d'engrais montrent que la demande d'engrais azotés continue de croître même dans les pays riches, en Amérique du Nord et en Europe (FAO, 2017).

Les flux biochimiques mondiaux d'azote et de phosphore ont transgressé leurs limites planétaires (Steffen et al., 2015). Cela résulte principalement de la prédominance de l'agriculture à haut niveau d'intrants et de l'élevage intensif, qui entraînent une pollution atmosphérique par l'azote ainsi qu'une eutrophisation marine côtière et des zones mortes (Bouwman et al., 2013). Les rejets de nutriments agricoles sont les principaux responsables de la contamination des eaux souterraines et de surface, bien plus que les sources ponctuelles urbaines (Billen et al., 2013). Une étude explorant les changements dans les cycles de l'azote et du phosphore en agriculture induits par la production animale sur la période 1900-2050 montre que les apports anthropiques de N et de P ont été multipliés par cinq depuis l'époque préindustrielle et que d'ici 2050, les excédents devraient encore augmenter de plus de 20 % pour N et de plus de 50 % pour P (Bouwman et al., 2013).

## Perte de biodiversité

La biodiversité est difficile à mesurer (23), mais ni les indicateurs individuels ni les indicateurs agrégés de l'état de la biodiversité n'ont montré d'améliorations significatives de leurs taux de déclin, tandis que tous les indicateurs de pression ont montré des tendances à la hausse, sans qu'aucun ne ralentisse significativement (Butchart et al., 2012).

---

23 Vačkář et al. (2012) présentent un examen complet des différents indices de suivi des impacts humains sur la biodiversité. L'un des plus connus est l'indice Planète vivante, qui montre l'évolution de l'abondance et de la distribution des espèces. Les autres indicateurs sont : L'indice de la liste rouge mesurant les changements dans le risque d'extinction (collecté par l'UICN) L'indice trophique marin qui est spécialisé pour la biodiversité marine, l'indice du capital naturel, composé des changements dans la quantité et la qualité des écosystèmes, l'indice d'intégrité de la biodiversité, mesurant à la fois la richesse des espèces et l'abondance des populations, et l'indice d'intégrité biotique, qui évalue les écosystèmes par rapport à un état de référence en fonction de divers impacts humains (Vačkář et al., 2012). Un autre indice est l'indice national d'évaluation des risques pour la biodiversité (R eyers et al., 2018), qui n'est pas mis à jour régulièrement.

Le dernier rapport en date de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES, 2019) a montré que presque tous les facteurs de perte de biodiversité continuent d'augmenter, que le déclin dangereux de la biodiversité est sans précédent, que les taux d'extinction des espèces s'accroissent et que la réponse mondiale actuelle est insuffisante. Allant dans le même sens, les perspectives 2030 de l'UE pour les conditions et services écosystémiques et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) font état de niveaux inquiétants de déclin des espèces (AEE, 2018 ; FAO, 2019, p. 445). Analysant les taux d'extinction par rapport aux taux de fond moyens naturels depuis 1500 après J.-C., Ceballos et al. (2015) constatent que le taux actuel dépasse largement la moyenne naturelle et mettent en garde contre l'imminence d'une sixième extinction de masse (voir également Barnosky et al., 2011).

La littérature empirique sur les relations EKC entre la biodiversité et la croissance économique est rare mais cohérente. La première méta-analyse a utilisé 121 observations recueillies dans un ensemble de 25 études et 11 indicateurs environnementaux, dont la déforestation (Cavlovic et al., 2000). L'étude a analysé la relation EKC et a estimé des points de retournement hypothétiques du revenu en utilisant différentes méthodes de modélisation. Pour la déforestation, qui est utilisée comme indicateur de la perte de biodiversité (24), le point d'inflexion du revenu a été estimé dans une fourchette de 5 000 à 20 000 dollars (en prix de 1999).

Koirala et al. (2011) ont utilisé près de 900 observations provenant de 103 études pour leur méta-analyse et ont désagrégé les mesures de la qualité de l'environnement en 12 variables différentes et n'ont observé aucun EKC ni pour la déforestation ni pour la dégradation des paysages/habitats. Dietz et Adger (2003) ne trouvent pas d'EKC pour la déforestation et la richesse des espèces, un résultat confirmé par Mills et Waite (2009). Encore plus fort est l'argument d'Asafu-Adjaye (2003) qui trouve une relation inverse entre la croissance économique et la diversité des espèces - un résultat confirmé par Raymond (2004) dans une étude portant sur 142 pays. Mozumder et al. (2006) rejettent l'hypothèse de l'EKC pour le revenu et le risque pour la biodiversité. En utilisant le même modèle, Tevie et al. (2011) arrivent à la même conclusion dans leur étude de 48 États américains. Naidoo & Adamowicz (2001), en utilisant les données de plus de 100 pays, ont étudié le lien entre le nombre d'espèces menacées et la croissance du revenu par habitant. Après avoir divisé les espèces en sept groupes taxonomiques (plantes, mammifères, oiseaux, amphibiens, reptiles, poissons, invertébrés), ils ont trouvé un soutien pour un découplage absolu uniquement pour les oiseaux. En revanche, pour les plantes, les amphibiens, les reptiles et les invertébrés, la relation était inverse, leur nombre d'espèces menacées augmentant avec le PIB.<sup>16</sup>

---

24 Il faut être prudent avec l'inférence et l'interprétation des données. Par exemple, le revenu par habitant semble effectivement corrélé à la superficie des terres protégées par l'État, mais plutôt dans le cadre de divers indicateurs socio-économiques (sociaux, économiques, culturels et naturels) que de manière indépendante (Dietz et Adger, 2003). En outre, les zones protégées ne garantissent pas une meilleure conservation de la biodiversité (Bruner et al., 2001). Dans certaines études antérieures qui ont détecté l'EKC (Bhattarai et Hammig, 2001), le problème peut résider dans la façon dont la biodiversité est interprétée. La reforestation par le biais de plantations n'équivaut pas à la déforestation des forêts tropicales primaires avec les espèces qui l'accompagnent. Dans le même temps, McPherson & Nieswiadomy (2005) ont identifié un EKC pour les espèces d'oiseaux et de mammifères menacées (en utilisant les données de l'UICN pour 113 pays en 2000), et un point d'inflexion potentiel autour de 10 000-15 000 dollars (1995 PPA) de revenu par habitant, après quoi le pourcentage d'espèces menacées chute. Cependant, le problème des données de l'UICN est que le taux d'espèces menacées ou le taux de déforestation peut être faible dans les pays qui ont déjà connu beaucoup d'extinction ou de déforestation dans le passé (McPherson et Nieswiadomy, 2005). C'est pourquoi ils utilisent des pourcentages au lieu du nombre d'espèces et apportent une série d'autres corrections à l'ensemble des données.

## Conclusions de la section 2

A la lumière du présent examen, nous pouvons conclure sans risque qu'il n'existe aucune preuve empirique soutenant l'existence d'un découplage du type décrit comme étant nécessaire dans la première section de ce rapport - c'est-à-dire un découplage absolu, global, permanent, et suffisamment rapide et important des pressions ressources et impacts) de la croissance économique. En fin de compte, notre recherche de preuves solides de preuves solides n'a pas abouti, et nous n'avons trouvé qu'une poignée d'exceptions méthodologiquement particulières, le plus souvent de découplage relatif, et si elles sont absolues, principalement temporaire et restreint dans l'espace, uniquement pour les indicateurs territoriaux (c'est-à-dire non cohérents dans l'espace) ou concernant des polluants locaux spécifiques et de courte durée. Dans tous les cas, la réduction des pressions environnementales n'atteint pas les objectifs actuels de la politique environnementale. Après une recherche aussi approfondie, on peut affirmer sans risque de se tromper que le type de découplage acclamé par les défenseurs de la croissance verte est essentiellement une invention statistique.

Pourtant, même si le succès de la stratégie de la croissance verte n'est nulle part visible, ce manque de soutien empirique ne permet pas d'écarter complètement l'hypothèse du découplage. Le découplage adéquat de l'activité économique et des pressions environnementales reste théoriquement possible si la productivité des ressources augmente suffisamment vite que le PIB de manière permanente et globale. Cela pourrait se produire, certains affirment, en augmentant la couverture géographique des systèmes d'échange de quotas d'émission. (Stiglitz et al., 2017) en combinaison avec la suppression progressive des subventions aux combustibles fossiles (Schwanitz et al., 2014), en orientant les investissements vers des infrastructures durables (Guivarch et Hallegatte, 2011), et un certain nombre d'autres politiques de découplage. (Smith et al., 2010 ; PNUE, 2014a). Ce qui est en cause, c'est l'impact d'un certain nombre de facteurs, tendances et phénomènes qui permettraient ou empêcheraient un tel découplage axé sur l'efficacité. La mise en perspective de l'hypothèse du découplage avec l'impact potentiel de ces facteurs est l'objectif de la section finale de ce rapport.



# III. Le découplage est-il susceptible de se produire ?

En cherchant des preuves, nous avons constaté que le type de découplage qui serait nécessaire pour atténuer efficacement et équitablement le changement climatique et faire face à d'autres crises environnementales n'existe nulle part. Pourtant, l'absence de soutien empirique ne suffit pas à écarter totalement la possibilité d'un découplage, qui, selon certains, pourrait bien se produire à l'avenir avec un ensemble de changements politiques appropriés. L'objectif de cette section est d'évaluer la validité de cette position. Notre affirmation est la suivante : un découplage adéquat (c'est-à-dire absolu, permanent et suffisant) a très peu de chances de se produire dans un avenir proche. Nous proposons sept raisons pour défendre cette proposition : (1) l'augmentation des dépenses énergétiques, (2) les effets de rebond, (3) le déplacement des problèmes, (4) l'impact sous-estimé des services, (5) le potentiel limité du recyclage, (6) les changements technologiques insuffisants et inappropriés, et (7) le déplacement des coûts. Dans ce qui suit, nous passons en revue chacune de ces raisons.

## 1. Augmentation des dépenses énergétiques

La disponibilité des ressources naturelles ne dépend pas seulement de leur quantité absolue (combien il y en a "dans la nature"), mais aussi de leur qualité et de leur accessibilité (quel effort est nécessaire pour les extraire). Lors de l'extraction d'une ressource, les options les moins coûteuses sont généralement utilisées en premier, ce qui signifie que la plupart des ressources énergétiques et matérielles facilement disponibles et mobilisées par l'économie ont déjà été exploitées. (25)

---

25 L'idée de bon sens selon laquelle les options les plus faciles et les moins chères sont généralement utilisées en premier (la proverbiale "récolte des fruits les plus bas") est désignée en économie comme la "loi du coût marginal croissant" et, lorsqu'elle est appliquée aux ressources, est parfois appelée le "principe du meilleur d'abord". Cette règle s'applique largement et peut être facilement observée dans de multiples situations : de l'extraction des ressources aux gains d'efficacité et à la réduction de la pollution.

L'extraction des stocks restants devient alors plus complexe et plus exigeante sur le plan technologique, processus plus perturbateur sur le plan social, donc généralement plus coûteux, plus gourmand en ressources et en énergie et plus polluant, ce qui entraîne une augmentation de la dégradation totale de l'environnement par unité de ressource extraite. C'est le cas des dépôts de métaux et de minéraux à faible concentration, des sables bitumineux, des puits off-shore profonds, des stocks situés dans les régions polaires ou près des villes densément peuplées, comme le gaz de schiste près de Paris. Ces coûts énergétiques (26) croissants de l'extraction signifient que davantage de ressources intermédiaires sont nécessaires pour extraire les ressources finales requises pour la production de la même quantité de biens et de services, ce qui conduit à l'inverse du découplage. L'argument de la dépense énergétique est parfois contré par ceux qui insistent sur le fait que l'énergie ne joue qu'un petit rôle dans les activités économiques. Et en effet, d'un point de vue monétaire, le secteur de l'énergie représente souvent une petite fraction du PIB total. Pourtant, cette perspective a été remise en question par plusieurs chercheurs (Ayres et Warr, 2009 ; Georgescu-Roegen, 1971 ; Giampietro et al., 2011 ; Hall et Klitgaard, 2012 ; Kümmel, 2011). Derniers en date, Keen et al. (2019, p.41) soutiennent que l'énergie n'est pas un substitut du travail ou du capital, mais précisément ce qui permet à ces facteurs de production d'effectuer un travail utile - " le travail sans énergie est un cadavre, tandis que le capital sans énergie est une sculpture " (Keen et al., 2019, p. 41). Ici, le bon sens est peut-être plus utile que l'économie : la vitesse moyenne d'une voiture (croissance du PIB) pourrait sembler déterminer sa consommation d'essence (utilisation de l'énergie), mais personne ne peut raisonnablement supposer qu'une voiture pourrait fonctionner sans cela (Fizaine et Court, 2016, p. 173).

## Énergie

Lorsqu'il s'agit de ressources énergétiques, l'efficacité de l'extraction peut être quantifiée à l'aide du concept d'EROI (ou EROEI), qui correspond au rendement énergétique de l'énergie investie. L'EROI est le rapport entre la quantité d'énergie obtenue à partir d'une ressource et la quantité d'énergie qui doit être dépensée pour l'extraire en premier lieu. (27) C'est une mesure de la production d'énergie nette ; par exemple, un rapport de 1:1 pour le pétrole signifierait qu'il faut un baril de pétrole pour extraire un autre baril de pétrole, tandis qu'un rapport de 10:2 signifierait que les coûts énergétiques de l'extraction de 10 barils sont de deux barils. Ce concept différencie le coût et le surplus d'énergie (par exemple, un EROI de 50:1 signifie un coût énergétique de 2% pour un surplus énergétique de 98%, alors qu'un EROI de 5:1 signifie un coût de 20% pour un surplus de 80%). Plus l'EROI est faible, plus le coût ou la dépense énergétique est élevé.

---

26 Il convient de souligner qu'il existe une différence entre le coût et le prix d'une ressource naturelle. Prenons l'exemple de l'énergie. Alors que le prix désigne la quantité d'argent qu'une forme d'énergie marchandise exige sur le marché (par exemple, 55 € pour un baril de pétrole, 0,2 € pour un kWh d'électricité), son coût (tel qu'il est utilisé dans cette section) fait référence à la quantité réelle (et non monétaire) d'énergie (par exemple, des litres de pétrole, des mètres cubes de gaz, des calories alimentaires, des kilowattheures d'électricité, des kilos de charbon ou de biomasse) qui doit être dépensée pour extraire une unité d'énergie supplémentaire. On peut également dire que le coût d'une ressource naturelle est lié à son extraction et à sa production, tandis que son prix est lié à sa consommation. Étant donné que ces dépenses en ressources sont généralement assorties d'un prix, le coût et le prix d'une ressource naturelle tendent à converger sur le long terme.

27 Hall et al. (2014) distinguent quatre types d'EROI. "L'EROI standard" correspond à la production d'énergie divisée par la somme de l'énergie directe et indirecte utilisée pour générer cette production. " L'EROI au point d'utilisation " ajoute les coûts associés au raffinage et au transport du carburant. L'"EROI étendu" tient compte de l'énergie requise non seulement pour obtenir mais aussi pour utiliser une unité d'énergie. Et enfin, l'"EROI sociétal" est "l'EROI global que l'on pourrait obtenir pour tous les combustibles d'une nation ou d'une société en additionnant tous les gains provenant des combustibles et tous les coûts pour les obtenir".

Un EROI décroissant signifie qu'une part croissante de la production énergétique doit être allouée à l'obtention d'énergie, ce qui signifie une augmentation de l'utilisation des ressources et des impacts.

Plusieurs auteurs affirment empiriquement que des niveaux élevés de dépenses énergétiques sont associés à de faibles taux de croissance économique, voire que le PIB ne peut croître au-delà d'un certain seuil de dépenses énergétiques relatives : 5,5 % du PIB total pour Murphy et Hall (2011) qui étudient les États-Unis entre 1970 et 2007 ; 8-10 % pour les États-Unis et 9-11 % pour l'OCDE au sens large dans Bashmakov (2007) ; et 11 % pour Fizaine et Court (2016) qui étudient les États-Unis sur la période 1850-2012. La logique est simple : si les dépenses énergétiques dépassent ces seuils, elles commencent à agir comme un facteur limitant l'emploi du travail et du capital. L'EROI des combustibles fossiles présente un intérêt particulier car il décrit également la quantité d'émissions de gaz à effet de serre générées dans une économie fondée sur les combustibles fossiles pour fournir une unité supplémentaire d'énergie fossile (tonne ou baril) - on pourrait même parler du coût climatique de l'extraction d'un baril. Si l'intensité de carbone de cette consommation est fixe (par exemple, la combustion d'un baril de pétrole émet environ 120 kg de carbone), un EROI décroissant signifie une augmentation des émissions par unité d'énergie primaire utilisée (les émissions de carbone correspondant à l'augmentation de l'énergie supplémentaire brûlée pour extraire ce baril s'ajoutent aux 120 kg). Selon certaines estimations, l'EROI pour la production mondiale de pétrole et de gaz est passé de 23:1 en 1992 à 33:1 en 1999 et a diminué pour atteindre environ 18:1 en 2005, ce qui donne du crédit à la théorie selon laquelle l'efficacité gagnée par les améliorations techniques est supplantée au fil du temps par l'épuisement (Hall et al., 2014). Certains auteurs comme Morgan (2016) parlent désormais d'un "étalement énergétique" pour décrire l'expansion nécessaire des infrastructures d'accès à l'énergie et la part croissante du PIB qu'elles vont absorber. En tenant compte des sources d'énergie fossiles et renouvelables, Capellán-Pérez et al. (2018) constatent que l'EROI du système énergétique mondial est passé de 7:1 en 1995 à 6:1 en 2018. Un excellent exemple de ce processus d'augmentation des coûts marginaux concerne l'extraction de différents types de pétrole non conventionnel. Les sables bitumineux et les schistes bitumineux offrent un EROI moyen de 4:1 et 7:1 (Lambert et al., 2014). Le gaz de schiste est souvent acclamé comme une alternative abondante au pétrole, notamment aux États-Unis (Moeller et Murphy, 2016), mais non seulement le forage des puits de schiste est relativement plus coûteux en termes énergétiques et financiers, mais les taux de déclin de la production ont tendance à être nettement plus rapides que ceux des puits de pétrole traditionnels (Morgan, 2016, p. 63). Le charbon est un autre exemple. En mettant de côté les questions de pollution pour un moment, les réserves mondiales de charbon suggèrent qu'en termes de volume, le charbon est encore relativement abondant. Pourtant, toutes les formes de charbon ne sont pas égales en qualité. L'anthracite, qui est le charbon le plus riche en termes de contenu énergétique, est de plus en plus rare, ce qui pousse les entreprises charbonnières à extraire des charbons bitumineux et subbitumineux de moindre densité énergétique (Kerr, 2009 ; Morgan, 2016 ; Schindler et Zittel, 2007). On pourrait arguer que la croissance verte ne fonctionnerait qu'avec des énergies renouvelables et donc que l'EROI des combustibles fossiles n'est pas pertinent. Même si nous soutiendrions prochainement que ce n'est pas le cas, supposons pour l'instant qu'un remplacement complet des combustibles fossiles par des énergies renouvelables est possible d'un point de vue matériel (trouver suffisamment de minéraux et de terres pour construire l'infrastructure énergétique) et socio-économique (les énergies renouvelables doivent être acceptées par la société et trouver les ressources d'investissement nécessaires pour remplacer complètement les énergies fossiles). Même dans ce cas, selon Murphy et Hall (2011), l'EROI des énergies renouvelables (inférieur à 20:1) est encore nettement inférieur aux EROI élevés des premiers jours des combustibles fossiles (Hall et al., 2014). Capellán-Pérez et al. (2018) simulent ce qu'il adviendrait de l'EROI moyen d'ici 2050 si les sources d'énergie renouvelables passaient de 15 % à 30 % (1er scénario) et de 15 % à 50 % (2e scénario). Dans le premier scénario, l'EROI moyen chute de 6:1 actuellement à 5:1 ; et jusqu'à 3:1 dans le second scénario. Si les dépenses énergétiques jouent un rôle important dans la dynamique de

la croissance économique, cela signifie que les énergies renouvelables sont fondamentalement incapables de propulser une économie aussi rapidement que les combustibles fossiles.

## Matériaux

De même, et pour le même type de raisons, la règle des coûts marginaux croissants ou le principe du meilleur d'abord s'applique à l'extraction des matériaux. Une série d'études montrent déjà comment la qualité des minerais de minéraux essentiels diminue (par exemple, Calvo et al., 2016). Des teneurs en minerai plus faibles signifient davantage de morts-terrains et de dommages environnementaux. La concentration moyenne de cuivre dans le minerai/le matériau extrait est passée de 1,8 % en 1930 à 0,5 % aujourd'hui (Arnsperger et Bourg, 2017, p. 87), une situation commune à d'autres minéraux. Des taux de concentration plus faibles pour les minéraux signifient que des volumes plus importants de matériaux doivent être exploités et déplacés pour extraire la même quantité de minerai et, avec elle, plus d'énergie. Dans le premier rapport du PNUE sur le découplage, Fischer-Kowalski et al. (2011b, p. 25) estiment qu'en moyenne, l'extraction de matériaux nécessite aujourd'hui de déplacer trois fois plus de matière qu'il y a un siècle. Cette situation est particulièrement problématique lorsqu'il s'agit de technologies vertes (Calvo et al., 2016 ; Valero et al., 2018). En effet, l'intensité minérale des énergies renouvelables est plus élevée que celle des énergies fossiles - 1kWh d'énergie renouvelable nécessite 10 fois plus de métaux que 1kWh d'énergie fossile (Arnsperger et Bourg, 2017, p. 87). Si l'on ajoute à cela l'augmentation de la production, le cercle vicieux suivant apparaît : il faudra plus d'énergie pour extraire plus de minerais qui sont nécessaires pour construire plus d'infrastructures énergétiques, dont une partie est nécessaire pour fournir l'énergie supplémentaire requise pour extraire plus de minerais, et ainsi de suite. Les énergies renouvelables peuvent atténuer certaines incidences sur l'environnement, mais elles ne peuvent vaincre la pénurie de ressources. Ce que l'on oublie souvent, c'est que cette raréfaction des ressources s'est également traduite par une expansion toujours plus grande de ce que l'on appelle la frontière des produits de base (Moore, 2000), c'est-à-dire des avancées dans des zones vierges auparavant intactes, souvent au détriment des communautés autochtones et de la santé des écosystèmes. Parmi les exemples actuels, citons l'extraction de sable bitumineux en Alberta, au Canada, de pétrole dans la forêt tropicale péruvienne ou, plus célèbre encore, dans un parc national en Équateur. S'il s'agit de combustibles fossiles, l'extraction des minéraux nécessaires à la construction d'infrastructures d'énergie renouvelable représente une menace similaire pour les écosystèmes et la biodiversité.

L'énergie et les matières sont cruciales pour le fonctionnement d'une économie, et encore plus pour une économie en croissance. À l'instar d'un organisme vivant, une économie a besoin d'énergie et de matières non seulement pour se développer, mais aussi uniquement pour maintenir sa taille actuelle. Tous les éléments disponibles indiquent que les coûts d'extraction des sources d'énergie et des matériaux sont en augmentation. Si la croissance économique nécessite davantage d'énergie et de matières, et s'il faut de plus en plus d'énergie et de matières pour extraire l'énergie et les matières, alors l'augmentation des dépenses énergétiques agit comme une limite à la croissance et constitue un obstacle au découplage. Pour soutenir que le découplage est possible, il faut montrer comment faire face à l'augmentation du coût marginal de l'extraction d'énergie et de matières.

## 2. Effets de rebond

L'amélioration de l'efficacité des ressources est probablement l'argument le plus souvent avancé pour défendre le découplage. Cependant, toute action visant à économiser des ressources est sujette à des effets de rebond, c'est-à-dire à une différence entre les économies environnementales prévues et réalisées grâce à une amélioration de l'efficacité. Ce phénomène a été évoqué dès le 18<sup>e</sup> siècle par Stanley Jevons dans *The Coal Question* (1865, pp. 140-142) : "C'est une confusion totale des idées que de supposer que l'utilisation économique du combustible équivaut à une diminution de la consommation. [...] Tout ce qui, par conséquent, contribue à augmenter l'efficacité du charbon et à diminuer le coût de son utilisation, tend directement à augmenter la valeur de la machine à vapeur et à élargir le champ de ses opérations" - d'où l'effet rebond souvent qualifié de "paradoxe de Jevons" (Giampietro et Mayumi, 1998 ; Jevons, 1865). Cette idée selon laquelle les changements d'efficacité se traduiraient par une augmentation de la consommation a gagné du terrain dans le domaine de l'économie de l'énergie dans le contexte des crises pétrolières des années 1970, notamment avec les travaux de Khazzoom (1980) et Brookes (1990) - appelés plus tard le "postulat Khazzoom-Brookes" (Saunders, 1992). Après plus de 40 ans de recherche, la littérature s'est élargie pour englober une variété de causes et d'effets. (28) Afin de rendre compte du découplage global, le concept que nous trouvons le plus pertinent est celui de "l'effet de rebond environnemental" (utilisé à l'origine par Goedkoop et al., 1999, puis par d'autres comme Murray, 2013 ; Spielmann et al., 2008 ; et Takahashi et al., 2004), qui va au-delà des questions énergétiques pour englober un éventail plus large de préoccupations environnementales. (29)

### Plusieurs types d'effets rebonds

Les effets rebonds se déclinent en plusieurs nuances selon que l'efficacité entraîne une augmentation de la consommation du même produit ou service (effet rebond direct), que les ressources libérées sont allouées ailleurs (effet rebond indirect) ou que la consommation est induite par des changements structurels dans l'ensemble de l'économie (effet rebond structurel). Ces effets, seuls ou combinés, sont alors soit partiels, soit totaux selon l'ampleur de leur impact sur l'utilisation des ressources.

#### ***Premier ordre : effets de rebond directs***

Les effets de rebond directs ou de premier ordre désignent les cas où le gain d'efficacité est réinvesti sous forme de consommation supplémentaire du même produit ou service. Cela est particulièrement vrai pour les biens courants pour lesquels une diminution du coût d'utilisation perçu par les utilisateurs se traduit par une augmentation de la consommation. Par exemple, conduire une voiture plus économe en carburant plus souvent, plus rapidement ou sur de plus longues distances ; l'essence économisée par la voiture en termes d'efficacité rebondit en une utilisation accrue de la voiture. Des effets de rebond directs peuvent également se produire dans la production, par exemple lorsque l'acquisition d'une machine plus économe en énergie motive une production supplémentaire (effet de production).

---

28 Voici quelques exemples qui montrent la grande portée du concept : effets de rebond temporel (Jalas, 2002), effet de rebond socio-psychologique ou mental (de Haan et al., 2006 ; Girod et de Haan, 2009 ; Santarius et Soland, 2018), effets de rebond international (Bergh, 2017).

29 Pour un cadre général d'étude du rebond environnemental, voir Font Vivanco et al. (2016).

### ***Deuxième ordre : effets de rebond indirects***

Les effets de rebond indirects ou de deuxième ordre concernent les cas où les ressources libérées par une amélioration de l'efficacité ou de la suffisance sont réaffectées à un autre type de consommation (effet de re-dépense). Par exemple, le fait de conduire un véhicule plus économe en carburant (efficacité) ou de décider de l'utiliser moins souvent (sobriété) permet d'économiser de l'argent (effet revenu), qui peut ensuite être dépensé pour des produits ou des services ayant un impact (par exemple, un voyage de vacances lointain en avion) ou investi dans des produits financiers problématiques (par exemple, liés à l'extraction de combustibles fossiles). Pour les producteurs, les bénéfices résultant des gains de productivité peuvent être réinvestis dans l'expansion des capacités de production (effet de réinvestissement).

Ce que Wallenborn (2018) appelle "l'effet de rebond structurel" est un bon exemple de ce rebond indirect. (30) Il est structurel car il a trait aux structures économiques telles que les marchés, la propriété et l'argent. Dans une économie mondialisée où l'argent peut servir à acheter presque tout (on parle alors d'argent à usage général), tout pouvoir d'achat est un pouvoir polluant potentiel. Même si des euros sont dépensés pour des produits verts, et même si les vendeurs de ces produits dépensent ces euros de manière durable, à un moment donné de la chaîne, ces euros sont susceptibles d'être utilisés de manière polluante. Même les euros non dépensés entraîneront une consommation de ressources et une pollution lorsqu'ils seront prêtés à nouveau par la banque pour financer de nouveaux investissements. La seule façon d'éviter cet effet serait de modifier la structure du système économique lui-même (décommodification, localisation, monnaies à usage spécifique comme les monnaies complémentaires, etc.)

### ***Troisième ordre : effets de rebond à l'échelle de l'économie***

L'efficacité de l'utilisation des ressources peut également rebondir au niveau macroéconomique (effet de rebond à l'échelle de l'économie ou macroéconomique). Par exemple, les gains d'efficacité des moteurs à combustion interne ont contribué à rendre le transport par voiture privée efficace et abordable et ont entraîné une large diffusion de cette technologie. Cette généralisation du transport par voiture particulière a à son tour influencé la configuration spatiale des villes et des territoires, donnant lieu à des configurations spatiales étendues qui reposent désormais sur, voire nécessitent, l'utilisation de voitures particulières. Cette modification à grande échelle du système des besoins se traduit aujourd'hui par une consommation d'énergie nettement plus élevée de la part du secteur des transports. En d'autres termes, des voitures plus économes en carburant renforcent l'hégémonie des voitures au détriment de modes de transport plus durables comme le train et le vélo. L'efficacité des ressources peut également entraîner une restructuration de l'économie autour d'activités à forte intensité naturelle (effet de composition). Par exemple, les activités minières abandonnées peuvent être reprises après que le développement de nouvelles techniques efficaces les rende à nouveau économiquement rentables, comme c'est actuellement le cas pour l'extraction de l'or où les minerais à faible teneur (y compris les anciens déblais) sont désormais retraités.

---

30 Pour reprendre les mots de Jevons lui-même dans *The Coal Question* (1865) : "[...] En fait, il n'y a guère d'utilisation de combustible dans laquelle un peu de soin, d'ingéniosité ou de dépense de capital ne puisse faire une économie considérable. Mais personne ne doit supposer que le charbon ainsi économisé est épargné - il est seulement épargné d'une utilisation pour être employé dans d'autres, et les profits réalisés conduisent bientôt à un emploi étendu sous de nombreuses formes nouvelles. Les différentes branches de l'industrie sont étroitement interdépendantes, et le progrès de l'une d'elles entraîne le progrès de presque toutes" (Jevons, 1865 : 136 cité dans Missemer, 2012, p. 99).

## *Rebond partiel et total*

Selon son ampleur, un effet de rebond peut entraîner soit une diminution globale (rebond partiel), soit une augmentation de l'utilisation des ressources (rebond total, également connu sous le nom de dépassement ou de retour de flamme). Dans le premier cas, les économies sont plus importantes que la consommation supplémentaire rebondie (par exemple, un chauffage consomme 50% de moins et rebondit en étant utilisé 1,5 fois plus, ce qui signifie qu'il y a encore 25% d'économies nettes). Dans le cas d'un rebond total, cependant, la consommation rebondie est plus importante que les économies et les économies sont totalement annulées (par exemple, si l'argent économisé en utilisant une voiture consommant 30 % d'énergie en moins par km est utilisé pour payer un voyage de vacances en avion où il paie beaucoup plus d'énergie que dans le cas de l'essence qui, contrairement au kérosène, est fortement taxée). (31) En ce qui concerne le découplage, cela signifie qu'un effet de rebond peut soit ralentir le taux de découplage attendu (rebond partiel), soit l'inverser complètement (rebond total).

## Preuves empiriques du rebond

Le rebond indirect et structurel étant très complexe, la plupart des recherches empiriques se concentrent sur les effets de rebond directs, qui sont plus faciles à mesurer. Dans leur examen des rebonds de la consommation d'énergie, Ackerman et Stanton (2013, p. 120-121) concluent que les preuves des effets de rebond directs totaux sont rares : " les estimations de 10 à 30 % semblent courantes [...] les preuves réelles d'effets de rebond de 100 % ou plus semblent inexistantes. " Mêmes conclusions pour les enquêtes menées par Greening et al. (2000) et Sorrell (2007) qui trouvent une gamme diverse de rebonds, parfois faibles comme dans le cas de l'éclairage (jusqu'à 15 %), modérés comme dans le cas de l'aviation (19 %), ou très élevés comme dans le cas du transport motorisé (jusqu'à 96 %).<sup>32</sup> Galvin (2014) rapporte un rebond pour les économies d'énergie des ménages dans la gamme de 0 à 50 % pour les plus anciens États membres de l'UE entre 2000 et 2011 - certains pays, notamment les pays d'Europe de l'Est, ainsi que la Finlande et le Danemark, montrent des situations de rebond total. Grafton et al. (2018) montrent qu'une utilisation plus importante de technologies efficaces réduit rarement la consommation d'eau. Kyba et al. (2017) font état d'une situation de retour de flamme dans le cas de la technologie LED pour l'éclairage extérieur. Antal et van den Bergh (2014) estiment que le rebond des dépenses pour économiser l'énergie de l'essence se situe entre 45 et 60 % pour de grandes économies comme la Russie, la Chine et l'Inde.

---

31 Dans la littérature, et à la suite d'Ehrhardt-Martinez et Laitner (2010), ce que nous appelons rebond partiel et total est souvent désigné par les termes "rebond typique" et "retour de flamme". Les auteurs (ibid. 7-77) ajoutent également une troisième catégorie : un " rebond négatif " pour les situations où les économies d'énergie réelles sont plus importantes que prévu (par exemple, " une famille qui installe un nouveau chauffe-eau économe en énergie peut être incitée à trouver d'autres moyens d'économiser de l'énergie en prenant des douches plus courtes, en lavant les vêtements à l'eau froide ou en limitant l'utilisation du lave-vaisselle aux charges complètes " ; rebond négatif, meilleur exemple, causalité directe : l'isolation des murs réduit la demande de chauffage, ce qui rend les installations de chauffage existantes surdimensionnées. Cela nécessite à son tour l'installation de nouvelles chaudières plus petites et plus efficaces, de sorte que la demande d'énergie diminue à nouveau. ou du côté du producteur si le prix d'une nouvelle machine est supérieur à l'économie de coût d'exploitation qu'elle permet). Pour éviter toute confusion, d'autres préfèrent parler d'un effet de "super-conservation" (Saunders, 2005) ou d'effets "amplificateurs" et "de levier" (Spielmann et al., 2008).

32 Pour tous les chiffres indiqués, le lecteur doit être conscient que la méthodologie utilisée influence les résultats. Par exemple, les études qui utilisent l'analyse du cycle de vie en même temps que le concept d'effet de rebond environnemental constatent une plus grande probabilité d'effet de retour. C'est le cas de Font Vivanco et al. (2016) qui se penchent sur les voitures électriques.

Magee et Devezas (2017) examinent de nombreuses sources statistiques pour estimer l'utilisation de 69 matériaux différents de 1960 à 2010, arguant que le paradoxe de Jevons s'applique à presque toutes les substances. Sur leur échantillon, ils ne trouvent que 6 cas de déclin absolu. Quatre de ces matériaux - l'amiante, le béryllium, le mercure et le thallium - ont été délibérément éliminés par des restrictions légales en raison de problèmes de toxicité. Les deux autres sont la laine, qui a diminué sans que les populations mondiales de moutons domestiques ou d'autres animaux producteurs de laine aient diminué, et le tellure, un sous-produit du raffinage du cuivre dont l'utilisation dans la fabrication de panneaux solaires signifie que sa consommation globale est probablement à nouveau en hausse.

Les études empiriques des effets de rebond macroéconomiques sont plus rares que leurs homologues micro. Dans sa revue de la littérature, van den Bergh (2017, p. 4) conclut que " la majorité des études portant sur l'ensemble de l'économie suggèrent que le rebond global est supérieur à 50 %, voire beaucoup plus élevé. " Dans une enquête sur les études d'équilibre général calculable, Dimitropoulos (2007) trouve trois cas de rebond total, trois autres au-dessus de 50 %, un dans la fourchette de 30 à 50 %, et un autour de 15 %. Même si les effets rebond d'ordre 2 ou 3 sont les plus déterminants, ils restent les plus difficiles à étudier empiriquement.

L'argument de l'effet rebond minimise la plausibilité de l'hypothèse du découplage. Ainsi, les effets de rebond doivent être pris en compte lors de l'examen des scénarios de découplage, car ils peuvent rendre les taux d'utilisation des ressources plus ou moins sensibles à l'introduction de technologies économes en ressources et aux changements de comportement induits par la suffisance. Il ne s'agit pas de s'opposer à ces changements, qui peuvent avoir un impact global positif, tant que les effets de rebond restent limités, surtout s'ils sont anticipés par les décideurs et contrebalancés par des politiques proactives. Mais il reste très risqué de se fier exclusivement aux améliorations sectorielles et techniques. Ce qui est nécessaire, c'est plutôt une prise en compte et une anticipation approfondies et systémiques des effets de rebond potentiels dans la conception des politiques de durabilité.



### 3. Déplacement des problèmes

Outre les effets de rebond, un autre argument à prendre en compte est que les efforts déployés pour résoudre un problème environnemental peuvent en créer de nouveaux et/ou en exacerber d'autres. En d'autres termes, le découplage d'un facteur environnemental peut se faire au détriment du (re)couplage d'un autre. Comme Ward (2017) le souligne pour illustrer cet argument, le monde a découplé la croissance du PIB de l'accumulation de fumier de cheval dans les rues des villes et de l'huile de baleine, mais seulement en la substituant par des utilisations alternatives de la nature. Dans ce qui suit, nous considérons l'exemple de l'atténuation du changement climatique et montrons comment quatre différentes sources d'énergie souvent considérées comme des solutions pour la croissance verte ne font que changer la forme que prend la charge environnementale, souvent avec des effets d'entraînement involontaires.

#### Exemple 1 : Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont souvent présentées comme propres et illimitées, mais elles sont loin d'être exemptes de pressions environnementales. Les énergies renouvelables et les technologies TIC améliorant l'efficacité réduisent les émissions de carbone, mais exacerbent l'utilisation des sols (par exemple, les fermes solaires et la biomasse/les biocarburants) et les conflits liés à l'eau dans le cas de l'hydroélectricité (Capellán-Pérez et al., 2017 ; Havlík et al., 2011 ; Scheidel et Sorman, 2012 ; Yang et al., 2012). Elles augmentent la demande en métaux et les conflits locaux liés à leur extraction (Ali, 2014 ; Chancerel et al., 2015 ; Kleijn et al., 2011 ; Vidal et al., 2013), et, dans le cas des infrastructures photovoltaïques, génèrent des pollutions environnementales et des émissions de gaz à effet de serre (Andersen, 2013 ; Hernandez et al., 2014 ; Zehner, 2012). L'extraction des minerais de terres rares, indispensables à de nombreuses technologies vertes dont les éoliennes, provoque d'énormes dégâts environnementaux, par exemple en Chine (Pitron et Védrine, 2018).

Prenons encore trois exemples parmi tant d'autres. La production de batteries pour les voitures électriques exerce une pression sur l'extraction du lithium, du cobalt, du nickel et du manganèse (Bednik, 2016, p. 101 ; Valero et al., 2018). L'expansion de la biomasse pour les biocarburants peut empiéter sur les zones protégées et entraîner une augmentation des monocultures, ce qui a un impact négatif sur la biodiversité et sa conservation (IPBES, 2019), un bon exemple étant la déforestation de la forêt tropicale indonésienne pour la plantation d'huile de palme (Koh et Wilcove, 2008 ; Margono et al, 2012) ; et l'hydroélectricité produit des émissions de méthane lorsque la croissance des algues est catalysée par le limon piégé par le barrage, générant parfois plus d'émissions de gaz à effet de serre qu'une centrale à combustible fossile (Deemer et al., 2016).

#### Exemple 2 : l'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire constitue un bon exemple. Étant relativement neutre en carbone (33), elle est considérée comme le principal facteur ayant permis à des pays comme la France, la Suède, le Royaume-Uni et l'Allemagne de réduire leurs émissions de carbone liées à l'énergie.

---

33 Cette question reste controversée, car il est difficile de calculer l'empreinte carbone de l'ensemble du cycle de vie d'une centrale nucléaire, y compris le stockage indéfini des déchets et les éventuelles opérations de nettoyage après un accident.

L'énergie nucléaire nécessite toutefois l'extraction d'uranium comme combustible ainsi que de titane, de cobalt, de tantale, de zirconium, d'hafnium, d'indium, d'argent, de sélénium et de lithium pour les matériaux de construction (Sersiron, 2018, p. 165). Un passage à l'énergie nucléaire signifie l'intensification du couplage de l'activité économique avec différents matériaux, à commencer par l'uranium (34).

L'extraction et le transport de ces matériaux sont en soi une source de pressions environnementales, par exemple en termes de pollution de l'eau ou de perte de biodiversité due à la modification des sols (Conde et Kallis, 2012). En outre, l'énergie nucléaire implique un ensemble différent de risques socio-écologiques liés au stockage de déchets toxiques ainsi qu'aux risques d'accidents nucléaires et de prolifération des armes nucléaires. En somme, l'électrification nucléaire déplace le couplage d'un impact (les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles fossiles) vers d'autres impacts (par exemple, la perte de biodiversité, la pollution de l'eau et d'autres impacts liés à l'exploitation minière et au transport, les déchets toxiques) et l'utilisation des ressources (par exemple, la pénurie d'uranium).

### Exemple 3 : le gaz naturel

Le passage du charbon au gaz naturel est un bon exemple de déplacement des problèmes d'un gaz à effet de serre à un autre. Le World Resource Institute (2016) fait état d'une baisse de 6 % des émissions de gaz à effet de serre mesurées aux États-Unis entre 2000 et 2014, qui, à côté d'une augmentation de 28 % du PIB, apparaît comme un découplage absolu temporaire. Cela correspond à un large transfert du charbon vers le gaz naturel (Feng et al., 2015), qui a été loué par les pouvoirs publics pour ses avantages écologiques (35).

Le problème est que l'extraction du gaz naturel émet du méthane, un gaz environ 28 fois plus puissant pour piéger la chaleur que le CO<sub>2</sub> sur un siècle (GIEC, 2013) qui s'échappe facilement dans l'air avant de pouvoir être capturé dans un pipeline. Turner et al. (2016) constatent que les émissions américaines de méthane ont augmenté de plus de 30 % sur la période 2002-2014, ce qui fait plus qu'annuler la baisse du CO<sub>2</sub>. Mêmes résultats pour Howarth et al. (2011) qui montrent que si plus de 3 % du méthane issu des opérations de forage de schiste fuyait dans l'atmosphère, cela rendrait le gaz de schiste plus perturbateur pour le climat que le charbon (les fuites dont ils font état sont de l'ordre de 3,6 à 7,9 %) (36).

Le problème des fuites de méthane va au-delà du phénomène relativement nouveau de l'extraction du gaz de schiste et concerne également les exploitations de gaz conventionnelles, notamment celles dont les infrastructures sont défectueuses.

---

34 Ne serait-ce que pour le cas de l'uranium, les réserves actuellement identifiées - 7,6 millions de tonnes commercialement récupérables à moins de 260 US\$/kgU en 2015 (OCDE, 2016) -, ne permettraient que 13 ans de production d'électricité à la demande actuelle (Brown et al., 2018, p. 840).

35 Clôture le discours du président Trump justifiant le retrait de l'Accord de Paris le 1er juin 2017, Scott Pruitt, alors administrateur de l'Agence de protection de l'environnement, a annoncé : "avant même la signature de l'Accord de Paris, l'Amérique avait réduit son empreinte CO<sub>2</sub> aux niveaux du début des années 1990. En fait, entre les années 2000 et 2014, les États-Unis ont réduit leurs émissions de carbone de plus de 18 %."

36 Ce problème de fuites n'est pas propre à la fracturation. Il se produit également en raison d'infrastructures anciennes ou dans le cas de mines à ciel ouvert où le méthane n'est pas activement capturé.

Ce qui a été montré ci-dessus pour les émissions de gaz à effet de serre peut être répété pour diverses autres questions environnementales. Le fait est que les solutions fragmentaires risquent de ne pas suffire pour faire face à une crise environnementale complexe et systématique dans laquelle interviennent de nombreux facteurs interdépendants.

Substituer un problème tel que le changement climatique à un autre tel que la perte de biodiversité ne peut être considéré comme une résolution de problème. Pour soutenir que le découplage est possible, il faut montrer que le découplage d'un type de pression environnementale ne se traduira pas par une augmentation significative d'un autre type de pression.

## 4. L'impact sous-estimé des services

Un autre espoir de découplage de la croissance et des pressions environnementales réside dans la tertiarisation de l'économie, c'est-à-dire le passage des industries extractives (agriculture et mines) et manufacturières aux services. C'était déjà l'une des explications proposées par les chercheurs qui ont été les premiers à décrire la courbe de Kuznets environnementale : "La croissance économique entraîne des changements structurels qui déplacent le centre de gravité de l'économie de l'agriculture peu polluante vers l'industrie très polluante et finalement vers les services peu polluants" (Panayotou et al., 2000). En effet, le secteur des services en tant que tel est beaucoup moins polluant (si l'on considère uniquement la consommation directe) que les secteurs primaire et secondaire. Si la croissance économique est principalement alimentée par l'expansion des activités économiques dont le produit est essentiellement de l'information (par exemple, la finance, l'assurance, l'éducation), on peut s'attendre à ce que la consommation de matières premières et d'énergie ainsi que les dommages environnementaux diminuent.

### Tertiarisation relative et absolue

Pour que la tertiarisation contribue au découplage, elle doit se traduire par une diminution absolue, et pas seulement relative, du volume des activités industrielles. Une situation dans laquelle le volume des services augmente sans que les autres secteurs ne diminuent en même temps peut en effet être qualifiée de tertiarisation "relative" de l'économie (la part des activités industrielles dans l'ensemble de l'économie diminue alors que leur volume continue d'augmenter), mais elle se traduit en réalité par des pressions environnementales plus fortes.

Les impacts des secteurs primaire et secondaire étant constants, un secteur tertiaire en expansion accroît les pressions, même s'il réduit l'intensité énergétique moyenne par euro. En réalité, cette situation semble être la règle plutôt que l'exception. (37)

Le développement de nouveaux types de services s'ajoute à d'autres activités polluantes au lieu de s'y substituer. Les consommateurs achètent un compte Netflix avec un ordinateur, et non à la place, et les travailleurs peuvent produire des services s'ils sont nourris, transportés et logés, et non à la place de la nourriture, des véhicules et des maisons. Les produits immatériels nécessitent une infrastructure matérielle.

---

37 Nous devrions également dire que les situations où la tertiarisation dans un pays se fait au détriment de la (ré)industrialisation dans un autre, sont tout aussi problématiques car elles ne font que déplacer la charge environnementale ailleurs (nous traiterons ce point en détail dans la Raison 7 : déplacement des coûts).

Les logiciels nécessitent du matériel, un salon de massage nécessite une pièce chauffée, et la plateforme sur laquelle nous écrivons ces mots nécessite un ordinateur ainsi que tous les équipements matériels et l'énergie nécessaires au fonctionnement d'Internet. Les services ne peuvent être générés sans l'extraction de matières premières, la fourniture d'énergie et la construction d'infrastructures, qui sont toutes étroitement liées aux pressions environnementales. L'expansion du secteur des services peut difficilement être découplée car elle fait partie d'une économie qui se développe comme un tout intégré.

À la question "les sociétés dont le secteur des services est plus important se dématérialisent-elles réellement ?" Fix (2019) répond par un " non " sans équivoque. En examinant 217 pays sur la période 1991-2017, il conclut que " les preuves indiquent qu'une transition vers les services ne conduit pas à une dématérialisation absolue du carbone " (ibid. 4). De même, Suh (2006) calcule qu'en 2004, aux États-Unis, un dollar dépensé pour des services apparemment exempts de matière nécessite 25 cents de la production des secteurs manufacturiers, des services publics et des services de transport. Au Danemark, Jespersen (1999) constate que, si l'on inclut toutes les utilisations indirectes de l'énergie, le secteur des services est en fait aussi énergivore que le secteur manufacturier. En Espagne, Alcántara et Padilla (2009) constatent que le secteur des services est responsable de la plus grande partie de l'augmentation des émissions, et ce en raison de sa dépendance à l'égard d'autres activités économiques polluantes.

En outre, les travailleurs des secteurs des services perçoivent des salaires qui sont utilisés pour acheter des articles matériels produits dans les secteurs manufacturiers. Si la valeur d'un bien dématérialisé augmente, cela signifie que le pouvoir d'achat de ceux qui vendent ce bien augmente également (rebond potentiel de re-dépense) et que les clients peuvent travailler plus longtemps pour se l'offrir (rebond potentiel de réinvestissement), ce qui a des répercussions sur les ressources. Ainsi, l'intensité écologique directe d'une entreprise spécialisée dans la publicité sur Internet peut être relativement faible, mais comme elle offre un salaire élevé à ses employés et que la publicité qu'elle produit favorise la consommation de produits et de services à forte intensité matérielle ou énergétique, tels que des voitures, des vêtements, des gadgets technologiques et des voyages de vacances lointains, son intensité écologique indirecte est plus élevée qu'il n'y paraît.

D'un point de vue environnemental, tous les services ne sont pas également souhaitables et certaines formes de tertiarisation sont donc plus souhaitables que d'autres. Les services d'un secteur débordent souvent sur une consommation ou une production accrue dans un autre secteur. Pensez aux activités financières et de marketing dont le but est de stimuler les ventes de produits manufacturés et les investissements dans les industries extractives. Mais aussi aux services informatiques et au développement de logiciels, qui permettent aux entreprises à but lucratif de pratiquer l'obsolescence programmée ou, plus généralement, d'accélérer les mises à niveau du matériel. Ou encore de ces services qui s'appuient sur des outils matériels et percutants, par exemple le fait de se faire hisser sur une piste de ski ou de sauter en parachute depuis un avion. En revanche, l'expansion des clubs de yoga, des thérapeutes de couple et des centres d'escalade peut être moins intensive pour la nature, même si ce n'est pas nécessairement le cas (voir la section "Les services ont aussi une empreinte" ci-dessous).

## Il ne reste plus beaucoup de tertiarisation à faire

La tertiarisation ne permet qu'un découplage partiel, et, fait important, un découplage qui a déjà eu lieu dans la plupart des pays de l'OCDE. Dans ces économies, la part des services dans le PIB est souvent déjà élevée, ce qui est problématique car ce sont précisément ces pays qui ont l'empreinte écologique par habitant la plus élevée et qui devraient donc réduire le plus leur impact. Les pays qui ont déjà atteint un degré élevé de tertiarisation (plus de 70 % de la valeur ajoutée est générée dans le secteur des services) conservent une petite partie industrielle qu'il est de plus en plus difficile de comprimer.

Cela s'explique par le fait que certains secteurs ne peuvent tout simplement pas être dématérialisés. C'est le cas de l'agriculture, des transports et de la construction de logements, qui figurent souvent parmi les premiers secteurs en termes d'émissions et de matériaux utilisés. Le ciment en est un bon exemple. Représentant 5% des émissions mondiales de gaz à effet de serre, sa production implique à la fois des niveaux élevés d'émissions de processus et de consommation d'énergie, ainsi qu'une quantité importante de sable marin de plus en plus rare (Rubenstein, 2012 ; The Pembina Institute, 2014). Bien que les constructions puissent substituer d'autres matériaux au ciment, il est difficile d'imaginer comment les services pourraient offrir des substituts adéquats à la plupart des productions industrielles en ce qui concerne les besoins élémentaires tels que la nourriture, le logement ou la mobilité (le service de livraison d'une pizza à domicile nécessite des routes, un véhicule et, surtout, une pizza fabriquée à partir d'ingrédients matériels). Par conséquent, la dématérialisation ne concerne qu'une fraction limitée de l'économie mondiale, laissant la plupart des pressions environnementales sans solution.

## Les services ont aussi une empreinte

Même si les services sont moins gourmands en nature que les biens industriels, ils ont toujours des exigences matérielles et des répercussions sur l'environnement, et on ne peut donc pas s'attendre à ce qu'ils alimentent un processus de création de valeur sans limite biophysique. Dans l'un de ses rapports sur le découplage, le PNUE (2014a, p. 70) constate une relation linéaire entre les dépenses en services et les émissions de CO<sub>2</sub> dans le sens de plus de services, plus d'émissions.

Gadrey (2008) met en évidence trois facteurs expliquant cette corrélation. Les services nécessitent des déplacements, que ce soit du prestataire au client (par exemple, la distribution du courrier) ou l'inverse (par exemple, le trajet domicile-école), ce qui est rendu possible par les infrastructures matérielles, les véhicules et les utilisations énergétiques. Ensuite, ils sont souvent ancrés dans des espaces matériels spécifiques (bâtiment universitaire, gare, aéroport, hôpital, bureaux), dont la construction, le fonctionnement et l'entretien nécessitent des matériaux et de l'énergie. Ils s'appuient également sur des outils matériels dont la production et l'utilisation sont loin d'être neutres pour l'environnement (TIC, ordinateurs, lecteurs de cartes de crédit, écrans et affichages, infrastructures de refroidissement dans les centres de données).

En termes de matériaux, la fabrication de produits des technologies de l'information et de la communication tels que les ordinateurs, les téléphones mobiles, les écrans LED, les batteries et les cellules solaires nécessite des métaux rares comme le gallium, l'indium, le cobalt, le platine, ainsi que des minéraux rares. Une expansion des services signifie plus de transactions utilisant plus d'appareils, qui nécessitent plus de minéraux dont l'extraction implique des impacts environnementaux. Non seulement ces besoins en matériaux ont un impact environnemental important (du fait de leur

extraction), mais leur disponibilité et leur recyclabilité limitées (raison 5) posent également des limites absolues à la croissance des services basés sur les matériaux. Et même s'il est courant d'observer une diminution du nombre de produits matériels nécessaires à la fabrication des équipements, ces gains d'efficacité sont annulés par la croissance du volume des équipements et de l'intensité de leur utilisation (raison 2), souvent liée à la diminution de leur durée de vie en raison de l'obsolescence programmée (raison 5).

Les services ont besoin d'énergie, non seulement pour construire l'infrastructure matérielle sur laquelle ils reposent, mais aussi pour fonctionner tout simplement. Non seulement pour les équipements des utilisateurs finaux (ordinateurs portables, smartphones, routeurs), mais aussi pour l'infrastructure, comme les centres de données et les réseaux d'accès (le câblage et les antennes qui transportent les données). Malmodin et al. (2010) ont calculé que les TIC ont utilisé 3,9 % de l'électricité mondiale en 2007, ce qui représente 1,3 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les chiffres sont similaires dans d'autres études ; par exemple, le secteur de l'information et des technologies a produit 2 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> en 2007 (830 MtCO<sub>2</sub>e), dont la moitié pour les ordinateurs et les appareils et l'autre moitié pour les centres de données et les télécommunications (The Climate Group, 2008). Partant du chiffre de Malmodin et al. (2010) de 3,9 % de l'électricité mondiale utilisée par les TIC, Van Heddeghem et al. (2014) constatent qu'il est passé à 4,6 % en 2012. Dans leurs prévisions à l'horizon 2030, Andrae et Edler (2015) estiment que les TIC pourraient consommer jusqu'à 51 % de l'électricité mondiale, contribuant ainsi à 23 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

En soi, l'Internet représente entre 1,5 et 2 % de la consommation énergétique mondiale (CEET, 2013). Si l'on considère uniquement le côté des utilisateurs, les 100 sites web français les plus visités nécessitent 8,3 GWh ou l'équivalent de la consommation énergétique de 3 077 ménages (WEA, 2014). La consommation d'énergie résultant du bitcoin émet annuellement 69 mtCO<sub>2</sub> et, si elle était utilisée à plus grande échelle, pourrait à elle seule produire suffisamment d'émissions pour faire passer le réchauffement au-dessus de 2°C en moins de trois décennies (Mora et al., 2018). Carr (2006) estime la consommation énergétique d'un avatar de Second Life à environ 1 752 kWh par an, qu'il compare à une moyenne mondiale pour les humains de 2 436 kWh. En examinant le coût écologique de la musique aux États-Unis, Devine et Brennan (2019) découvrent que, même si la musique est devenue presque entièrement numérique, elle est, en termes de gaz à effet de serre, plus polluante qu'elle ne l'a jamais été : de 140 millions de kg en 1977 à 157 en 2000 et entre 200 et 350 en 2016.

En raison de la prédominance des sources fossiles dans le mix énergétique actuel des pays accueillant des centres de données, les TIC finissent par apporter une lourde contribution en termes d'émissions. Le rapport de Greenpeace "How Clean is Your Cloud ?" (2012) constate que, par exemple, 39,4 % de l'électricité utilisée par les serveurs de Facebook est générée par des centrales à charbon, tandis qu'elle est de 49,7 % pour Apple. Cette consommation d'énergie s'ajoute à un niveau de demande énergétique déjà élevé, exacerbant les impacts environnementaux du secteur énergétique. Et peut-être que cet impact sur le climat disparaîtrait si tous les services fonctionnaient avec des énergies renouvelables, mais, à supposer que cela soit possible (raison 1), cela engendrerait encore toute une série de problèmes environnementaux (raison 3).

Ce que l'on appelle "l'économie des services" porte un sac à dos biophysique plus lourd qu'on ne le pense. Dans les pays où les impératifs d'atténuation sont les plus urgents, le secteur des services a déjà été développé à son maximum sans que les pressions environnementales ne diminuent absolument. Les services ont une empreinte qui, même si elle est inférieure à celle des produits manufacturés, ne fait souvent que s'ajouter à la pile des pressions environnementales sans qu'il y ait beaucoup de substitutions. Cela s'explique par le fait que l'économie des services ne peut exister qu'au-dessus de l'économie matérielle, et non à sa place. En outre, des services tels que la publicité ou les produits

financiers favorisent parfois activement une production plus polluante, ce qui entraîne une augmentation globale des pressions environnementales.

Encore une fois, nous ne plaidons pas contre les services ; au contraire, il est crucial de remplacer les emplois dans les secteurs à forte intensité de ressources par des travaux à plus forte intensité de main-d'œuvre. Ce que nous voulons dire, c'est qu'il serait plus efficace de réduire directement la production dans les secteurs problématiques que de développer des activités autour de ces secteurs en espérant que la substitution se produira d'une manière ou d'une autre.

## 5. Potentiel limité du recyclage

Le recyclage est une stratégie couramment préconisée pour le découplage, souvent associée à l'idée d'une économie circulaire. L'idée est que le découplage des ressources serait possible si toutes les matières nécessaires à la production de nouveaux produits étaient extraites des anciens produits qui ont été jetés et non de la nature. Le processus de production linéaire traditionnel serait alors transformé en une économie "en boucle fermée" (Stahel et Reday-Mulvey, 1981), "zéro déchet" (Palmer, 2005), "du berceau au berceau" (McDonough et Braungart, 2010). Bien sûr, fermer la boucle entre les déchets et l'extraction via le recyclage est un objectif raisonnable, et en théorie, on voudrait que toute économie soit aussi circulaire que possible. Ce que nous allons démontrer, c'est qu'il y a des limites à cette circularité et que ces limites sont rapidement atteintes dans une économie à croissance rapide.

### Le recyclage lui-même nécessite de nouveaux matériaux et de l'énergie

Les machines à mouvement perpétuel n'existent pas dans la réalité. Même si des gains significatifs peuvent être attendus d'un meilleur recyclage, le processus de recyclage lui-même nécessite de l'énergie et, la plupart du temps, de nouveaux matériaux, qui devraient ensuite être recyclés à un moment donné, ce qui nécessiterait l'utilisation de nouveaux matériaux supplémentaires, et ce à l'infini (Georgescu-Roegen, par exemple, 1971, p. 132, a parlé d'une "régression infinie"). Cela signifie qu'en raison de lois inéluctables de la nature (ici la loi de l'entropie), les taux de recyclage techniquement réalisables sont toujours inférieurs aux taux théoriquement possibles. De plus, les taux économiquement justifiables sont souvent nettement inférieurs à ce qui est techniquement possible, car le coût marginal tend à augmenter plus un processus s'approche de son maximum théorique (raison 1).

Étant donné que les matériaux se dégradent inévitablement avec le temps (2e loi de l'entropie), ils ne peuvent être recyclés dans les mêmes produits qu'un nombre limité de fois avant de devoir être utilisés pour fabriquer d'autres produits ayant des exigences de qualité inférieures. En d'autres termes, tôt ou tard, tout recyclage est nécessairement un déclasserment. Par exemple, les bouteilles en plastique peuvent être recyclées en fibres plastiques pour les vêtements, mais pas de nouveau en bouteilles en plastique, et elles peuvent finalement finir dans les murs antibruit le long des autoroutes. Les fibres de cellulose du papier ne peuvent supporter que 3 à 6 cycles, pour lesquels elles doivent être mélangées à de nouvelles fibres, et jusqu'à ce qu'elles deviennent trop fragiles pour être utilisées en papier avant d'être utilisées en carton, puis en isolation de logements et enfin en biocarburant. Tout comme pour l'énergie, cette usure des matériaux fixe des limites absolues à la circularité d'une économie.

Giampietro (2019) propose une autre façon d'y réfléchir. D'une certaine manière, la nature recycle déjà gratuitement tous les matériaux, bien que trop lentement pour les taux d'extraction actuels. L'argument selon lequel les matériaux et l'énergie seront alors recyclés au sein de l'économie, et non en dehors, s'accompagne d'un prix de l'énergie. Comme toujours, la production nécessite de la main-d'œuvre, des outils et de l'énergie, sauf que cette fois, ce qui est produit, ce sont des services de recyclage. En d'autres termes, il s'agit d'utiliser de l'énergie et des matériaux primaires pour recycler des déchets, c'est-à-dire de l'énergie et des matériaux secondaires. Dans un monde où l'économie est relativement petite par rapport à son environnement et où les flux d'énergie et de matières primaires sont plus importants que les flux secondaires, une économie peut effectivement être circulaire. Pourtant, lorsque l'échelle des seconds correspond à celle des premiers, la circularité est compromise. Comme le dit l'auteur : "Ce qui compte vraiment par rapport au potentiel de recyclage, c'est la taille des flux d'intrants nécessaires et des flux de déchets générés par l'économie (technosphère) par rapport à la taille des sources primaires et des puits primaires rendus disponibles par les processus écologiques (biosphère)" (ibid. 149). Si la croissance économique signifie une augmentation de la taille de l'économie par rapport à son environnement, cela signifie que les économies en croissance atteindront tôt ou tard les limites de la circularité.

## Les taux de recyclage sont loin d'être de 100 %.

Bien sûr, on peut faire valoir que cet argument de l'entropie n'est pas pertinent dans une situation où les taux de recyclage sont faibles et que le simple fait d'augmenter ces taux pour qu'ils correspondent au rythme d'augmentation de l'utilisation des ressources sera suffisant pour parvenir à un découplage absolu. Mais voici une considération pratique : Quelle est la probabilité que les taux de recyclage augmentent autant ?

Partons d'abord du principe que le recyclage ne nécessite pas d'énergie supplémentaire et que tous les matériaux peuvent être parfaitement recyclés. En 2005, 62 Gt/an de matériaux ont été traités, générant 41 Gt de produits (19 Gt de biomasse pour l'alimentation humaine et animale, 12 Gt de combustibles fossiles, 4,5 Gt de minerais extraits) (PNUE, 2011). Dans le même temps, seules 4Gt de matériaux ont été recyclées. Cela n'est pas surprenant, car certains matériaux utilisés actuellement ne peuvent pas être recyclés, comme les combustibles fossiles et la biomasse brûlée pour l'énergie. (38) Un cinquième des ressources totales utilisées dans le monde sont des combustibles fossiles, et près de la moitié sont des vecteurs énergétiques. Les 98 % de combustibles fossiles brûlés comme source d'énergie, ainsi que la biomasse consommée pour l'alimentation humaine et animale, ne peuvent être ni réutilisés ni recyclés. Bien sûr, le passage à un approvisionnement en énergie 100% renouvelable résoudrait ce problème (mais peut-être au prix de la création d'autres, raison 2), mais nous sommes encore loin de cette situation.

Un autre problème est que de nombreux produits modernes sont trop complexes pour être recyclés. La miniaturisation permet d'économiser de la matière mais rend la récupération des matériaux plus difficile - et lorsque cela est techniquement possible (ce qui n'est pas toujours le cas), plus coûteuse et donc moins intéressante économiquement. Reuter et al. (2018) étudient la recyclabilité de l'un des smartphones les plus modulaires (Fairphone 2) et constatent que le meilleur scénario de recyclage possible ne permettrait de récupérer qu'environ 30 % des matériaux. Le plus problématique est que



c'est également le cas pour les technologies de récolte et de stockage des énergies renouvelables. Le PNUE (2011) a estimé que moins de 1 % des métaux spéciaux sont recyclés.

Un troisième point est que les améliorations en matière de recyclage sont souvent plus qu'annulées par l'augmentation des taux de remplacement (parfois alimentée par l'obsolescence planifiée). En effet, si les taux de recyclage augmentent à un rythme plus lent que la réduction de la durée de vie moyenne des produits (c'est-à-dire le taux de remplacement des produits), l'utilisation des ressources est appelée à augmenter. Si la capacité de recycler est plus lente que la volonté de produire, alors il faudra utiliser des ressources vierges.

## Il n'y a pas assez de déchets à recycler

Ce dernier argument est une question d'arithmétique de base. Pour l'instant, supposons encore que les taux de recyclage augmentent beaucoup plus rapidement que leurs tendances actuelles (tout en relâchant l'hypothèse selon laquelle le recyclage en lui-même nécessite de l'énergie et de nouveaux matériaux). Pourtant, même cela ne serait pas une garantie en soi pour maintenir le débit de l'économie en croissance, car dans une économie où l'utilisation des ressources augmente, la quantité de matériaux usagés pouvant être recyclés sera toujours inférieure aux matériaux nécessaires à la croissance. Au fur et à mesure de l'expansion de l'économie, il faudra davantage de matériaux que ceux disponibles lors des périodes précédentes, et les matériaux disponibles pour le recyclage dans cette économie ne suffiront donc pas. C'est comme si un serpent essayait de fabriquer une peau plus grande à partir des restes de sa peau précédente, plus petite.

Comme le montre Grosse (2010), dans une économie où la consommation de matériaux augmente, le recyclage ne peut que retarder l'épuisement des ressources. L'auteur prend l'exemple de l'acier, le matériau le mieux recyclé au monde. Avec un taux de recyclage actuel de 62 % et une augmentation annuelle de la consommation de 3,5 %, le recyclage ne retarde l'épuisement des ressources que de 12 ans. Si les taux de consommation restent stables, même une augmentation des taux de recyclage à 90 % n'ajouterait que sept années supplémentaires avant l'épuisement.

Arnsperger et Bourg (2017, p. 73) appliquent le calcul de Grosse (2010) au cuivre. Ils supposent que le temps de résidence du cuivre dans l'économie est de 40 ans et que 60% de celui-ci peut être recyclé avec les technologies actuelles. Sur les 6 millions de tonnes de cuivre utilisées en 1975, cela signifie que 4 millions auraient pu être récupérées en 2015. Cependant, la consommation de cuivre est passée à 16 millions au cours des 40 dernières années et donc, malgré le recyclage, 12 millions de tonnes de cuivre vierge doivent encore être extraites. Dans ce cas, même en supposant un illusoire taux de recyclage de 100 %, l'extraction aurait plus que doublé au cours de la période.

Ce qui exacerbe la disponibilité limitée des produits à recycler, c'est le fait qu'une partie importante de toutes les ressources utilisées finit dans les infrastructures, souvent pendant un certain temps. De Decker (2018) propose un simple calcul à l'envers. En 2005, le monde a utilisé 62Gt de ressources naturelles : 4Gt pour les produits jetables qui durent moins d'un an et 26Gt dans les bâtiments, les

---

38 C'est également le cas des utilisations dispersives qui détournent des matériaux des circuits de recyclage (par exemple, les métaux rares utilisés dans les pigments d'encre et de peinture, les additifs dans le verre et le plastique).

infrastructures et les biens de consommation qui durent plus d'un an. La même année, 9Gt de ressources ont été éliminées dans le processus de production. L'auteur conclut que la quantité totale de matériaux disponibles pour le recyclage au début de la deuxième année de production est de 13Gt (4Gt de produits jetables + 9Gt de ressources excédentaires), dont seulement un tiers pourrait être effectivement recyclé. Il est clair que ce chiffre est non seulement inférieur à ce qui serait nécessaire pour produire la même chose que l'année précédente (62Gt), mais encore plus pour une économie en croissance.

Une économie circulaire en croissance infinie est une impossibilité arithmétique, et une contradiction dans les termes. Le recyclage est lui-même limité dans sa capacité à fournir des ressources à une économie matérielle en expansion. Au final, notre propos n'est pas de remettre en cause l'utilité ou la pertinence du recyclage, qui pourrait au contraire jouer un rôle crucial dans une économie non croissante, mais simplement de souligner le fait que les espoirs de découplage basés sur le recyclage sont mal informés. La réalité est que les taux de recyclage sont actuellement faibles et n'augmentent que lentement, que les processus de recyclage nécessitent généralement encore une quantité importante d'énergie et de matières premières vierges, et qu'il est mathématiquement impossible pour le recyclage d'égaliser les taux de remplacement dans un contexte de consommation croissante.

## 6. Une évolution technologique insuffisante et inappropriée

Le débat sur la probabilité d'un découplage futur est, au fond, un débat sur le potentiel de l'innovation technologique. Le découplage n'a peut-être pas encore eu lieu et la croissance économique peut sembler limitée sur le plan biophysique, que ce soit en raison de l'augmentation des coûts d'extraction (raison 1), du déplacement imprévu des problèmes (raison 3), de l'infrastructure matérielle (raison 4) ou du recyclage limité (raison 5), mais le discours sur la croissance verte se développe en partant du principe que les innovations à venir y remédieront. À notre avis, cet argument hypothétique présente plusieurs lacunes liées à l'objectif, aux conséquences involontaires et au rythme du changement technologique. En termes simples, le progrès technologique (1) ne cible pas les facteurs de production qui comptent pour la durabilité écologique et ne conduit pas au type d'innovations qui réduisent les pressions sur l'environnement ; (2) il n'est pas assez perturbateur car il ne parvient pas à déplacer d'autres technologies indésirables ; et (3) il n'est pas en soi assez rapide pour permettre un découplage qui soit absolu, global, permanent, important et suffisamment rapide. En fait, nous ne sommes pas contre l'innovation en soi. Ce que nous voulons dire, c'est que l'innovation technologique est le plus souvent ambivalente lorsqu'il s'agit d'aborder les questions environnementales et que le potentiel des futures innovations technologiques est très probablement trop limité, et en tout cas incertain. S'appuyer sur la croyance que l'innovation technologique apportera toutes les solutions nécessaires aux problèmes environnementaux apparaît comme un pari extrêmement risqué et déraisonnable.

### Ne pas conduire à des innovations pertinentes

L'innovation n'est pas en soi une bonne chose pour la durabilité écologique. Le type d'innovation souhaitable est l'éco-innovation ou celle qui entraîne "une réduction du risque environnemental, de la pollution et des autres impacts négatifs de l'utilisation des ressources par rapport aux alternatives

pertinentes" (Kemp et Pearson, 2008, p.5). Mais ce n'est qu'un type parmi d'autres. En général, les entreprises sont incitées à innover pour économiser les facteurs de production les plus coûteux afin de maximiser les profits. Étant donné que le travail et le capital sont généralement relativement plus coûteux que les ressources naturelles, les progrès technologiques continueront probablement à être orientés vers des innovations permettant d'économiser le travail et le capital, avec des avantages limités, le cas échéant, pour la productivité des ressources et une augmentation potentielle des impacts absolus en raison d'une production accrue. Mais le découplage n'aura pas lieu si les innovations technologiques contribuent à économiser le travail et le capital tout en laissant inchangées l'utilisation des ressources et la dégradation de l'environnement.

Un autre problème est que les technologies ne résolvent pas seulement les problèmes environnementaux mais tendent également à en créer de nouveaux. En supposant que la productivité des ressources devienne une priorité par rapport à la productivité du travail et du capital, rien n'empêche les innovations technologiques de créer davantage de dommages. Par exemple, la recherche sur les processus d'extraction peut conduire à de meilleures façons de localiser les ressources (technologies d'imagerie et analyse des données), de les extraire (forage horizontal, fracturation hydraulique et opérations de forage automatisées) et de les transporter (routes maritimes de l'Arctique). Ces innovations peuvent cibler l'utilisation des ressources mais avec un résultat opposé à l'objectif du découplage, à savoir davantage d'extraction. Et c'est sans compter les effets secondaires involontaires, qui accompagnent souvent le développement de nouvelles technologies (Grunwald, 2018).

## Pas assez disruptif

Un autre problème est lié au remplacement des technologies néfastes. En effet, il ne suffit pas que de nouvelles technologies apparaissent (innovation), encore faut-il qu'elles viennent remplacer les anciennes dans un processus d'"exnovation" (Kimberly, 1981). Ce qu'il faut, c'est une " stratégie push and pull " (Rockström et al., 2017) : pousser les technologies respectueuses de l'environnement dans la société et en retirer celles qui sont nuisibles, comme les infrastructures fossiles.

Tout d'abord, dans la réalité, un tel processus est lent et difficile à déclencher. La plupart des infrastructures polluantes (centrales électriques, bâtiments et structures urbaines, systèmes de transport) nécessitent de gros investissements, ce qui crée ensuite une inertie et un verrouillage (Antal et van den Bergh, 2014, p. 3). Considérons par exemple les secteurs de l'énergie, des bâtiments et des transports, qui représentent la grande majorité de la consommation mondiale d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. La durée de vie initiale d'une centrale nucléaire ou d'une centrale au charbon est d'environ 40 ans. Les bâtiments peuvent durer au moins autant. La durée de vie moyenne d'une voiture est de 12 à 15 ans, et c'est à peu près ce qu'il faut pour qu'une innovation se répande dans le parc automobile. La grande disponibilité des stations de ravitaillement en essence confère un avantage infrastructurel aux voitures à essence, alors que c'est l'inverse pour les véhicules électriques, à gaz ou à hydrogène, qui nécessiteraient des infrastructures de soutien différentes et nouvelles. La construction d'une autoroute ou d'une centrale nucléaire constitue un engagement à émettre pendant au moins la durée de vie de ces infrastructures - Davis et Socolow (2014) parlent d'"émissions engagées."

L'énergie est un bon exemple : utiliser plus d'énergies renouvelables n'est pas la même chose que d'utiliser moins de combustibles fossiles. L'histoire de l'utilisation de l'énergie n'est pas celle de substitutions mais plutôt d'ajouts successifs de nouvelles sources d'énergie. Au fur et à mesure que de nouvelles sources d'énergie sont découvertes, développées et déployées, les anciennes sources ne

diminuent pas. Au contraire, la consommation totale d'énergie augmente avec les couches supplémentaires du gâteau énergétique. York (2012) constate que chaque unité d'utilisation d'énergie provenant de sources de combustibles non fossiles déplace moins d'un quart d'une unité de son homologue fossile, ce qui apporte un soutien empirique à l'affirmation selon laquelle l'expansion des énergies renouvelables est loin d'être suffisante pour freiner la consommation de combustibles fossiles. La part relative du charbon dans le bouquet énergétique mondial a été réduite depuis l'avènement du pétrole, mais cela s'est produit en dépit de la croissance absolue de l'utilisation du charbon (Krausmann et al., 2009).

En outre, même si la décision de substituer les énergies renouvelables à toutes les énergies fossiles était adoptée, il est douteux que ce processus puisse se produire assez rapidement - ou même du tout, si l'on tient compte des exigences matérielles. Dans une étude récente, l'Association internationale des énergies renouvelables (IRENA, 2018) estime qu'une croissance continue du PIB compatible avec un objectif de réchauffement de 2°C nécessiterait l'ajout de 12 200 GW de capacité solaire et éolienne d'ici 2050. Cela signifie qu'il faut augmenter les taux d'ajout de capacité renouvelable de 2,3 à 4,6 fois. Étant donné que l'étude suppose une diminution parallèle de l'intensité énergétique de 2,8 % par an (le double du taux historique), et qu'elle vise l'objectif de 2 °C (et non celui, plus ambitieux, de 1,5 °C), on peut considérer que la vitesse de développement des énergies renouvelables devrait être encore plus élevée. Par exemple, Garrett (2012) calcule qu'il faudrait construire une centrale nucléaire par jour (ou l'équivalent en énergies renouvelables) pour décarboniser une demande énergétique en croissance constante au rythme actuel.

Ce schéma observé avec l'énergie, selon lequel les nouvelles technologies complètent plutôt qu'elles ne remplacent les technologies existantes, peut également être observé dans de nombreux autres secteurs. Les ordinateurs n'ont pas entraîné l'avènement du bureau sans papier, car les ordinateurs et les papiers sont venus se compléter (York, 2006). L'essor du caoutchouc synthétique, dont la production a été établie pendant la Seconde Guerre mondiale, n'a pas empêché la production et la consommation de caoutchouc naturel d'augmenter régulièrement tout au long du XXe siècle (Cornish, 2001). De même, l'explosion des fibres synthétiques comme le polyester et le nylon n'a pas supplanté la production de fibres naturelles. Alors que la production mondiale annuelle de fibres synthétiques est passée de moins de 2 Mt en 1950 à plus de 60 Mt aujourd'hui, la production de fibres naturelles a plus que triplé, passant de moins de 10 à environ 30 Mt, avec des variations annuelles dues aux conditions climatiques (The Fiber Year, 2016). La consommation supplémentaire a largement dépassé la substitution.

## Pas assez rapide

À la lumière des dernières décennies d'évolution technologique, le taux d'amélioration nécessaire pour que les économies à revenu et à empreinte élevés se découplent totalement semble disproportionné par rapport aux taux de progrès technique passés et présents.

Prenons l'exemple des émissions de carbone. Jackson (2016, pp. 96-100) envisage plusieurs scénarios hypothétiques simples de découplage. Le premier scénario de référence se déroule comme suit : en prolongeant la tendance de la croissance économique mondiale annuelle par habitant de 1,3 % parallèlement à la croissance démographique annuelle prévue de 0,8 % et avec la baisse annuelle moyenne de l'intensité de carbone de 0,6 %, qui a été observée depuis 1990, les émissions de carbone augmenteraient de 1,5 % par an ( $1,3\% + 0,8\% - 0,6\% = 1,5$ ). Pour atteindre une réduction des émissions de 90 % en 2050 par rapport aux niveaux actuels, avec les mêmes hypothèses de PIB et de démographie, l'intensité des émissions devrait diminuer à un taux moyen de 8 % par an jusqu'en 2050 - ce qui réduirait le contenu moyen en carbone de la production économique à 20 gCO<sub>2</sub>/US\$, soit 1/26 de ce qu'il est

aujourd'hui (497 gCO<sub>2</sub>/US\$). À titre de comparaison, l'intensité de carbone de l'économie mondiale est passée d'environ 760 gCO<sub>2</sub>/US\$ en 1965 à un peu moins de 500 g/CO<sub>2</sub>/US\$ en 2015, soit une baisse annuelle de seulement 1%.

De nombreux scénarios plus ambitieux peuvent être imaginés (39), mais le message est déjà clair : s'appuyer uniquement sur la technologie pour atténuer le changement climatique implique des taux extrêmes d'amélioration de l'éco-innovation, que les tendances actuelles sont très loin d'égaliser et qui, à notre connaissance, n'ont jamais été observés dans l'histoire de notre espèce. Une telle accélération du progrès technologique semble hautement improbable, surtout si l'on considère les éléments suivants :

Premièrement, l'amélioration de l'intensité carbone mondiale ralentit depuis le début du siècle, passant d'une moyenne annuelle de 1,28 % entre 1960 et 2000 à 0 % entre 2000 et 2014 (Hickel et Kallis, 2019, pp. 8-9). Si l'on se limite aux pays de l'OCDE à haut revenu, où la plupart des innovations sont développées, le taux d'amélioration de l'intensité de CO<sub>2</sub> diminue encore de 1,91 % (1970-2000) à 1,61 % (2000-2014), ce qui est loin de correspondre aux niveaux appropriés pour réduire les émissions à un objectif de 2°C, sans parler de 1,5°C.

Cette observation empirique n'a rien d'une surprise par rapport à la théorie. L'innovation technologique est limitée en tant que solution à long terme aux problèmes de durabilité car elle présente elle-même des rendements décroissants (raison 1). En suivant le nombre de brevets d'utilité par inventeur aux États-Unis sur la période 1970-2005, Strumsky et al. (2010) apportent la preuve que la productivité des inventions diminue avec le temps, y compris dans des secteurs tels que l'énergie solaire et éolienne ainsi que les technologies de l'information (qui sont souvent acclamées pour leur potentiel d'innovation). "Les premiers travaux [...] résolvent des questions peu coûteuses mais largement applicables. Ensuite, les questions sont de plus en plus étroites et difficiles à résoudre. La recherche devient de plus en plus complexe et coûteuse [...]" (ibid. 506). En examinant l'évolution de la productivité totale des facteurs entre 1750 et 2015, Bonaiuti (2018) affirme que l'humanité est entrée dans une phase globale de diminution des rendements marginaux de l'innovation.

Pour résumer, la technologie n'est pas une panacée. Il est en effet impossible de prédire ce que l'avenir réserve en termes d'innovations sur le long terme. Pourtant, les raisons d'être sceptique quant à la capacité de l'évolution technologique à favoriser le type de découplage que nous avons décrit comme nécessaire sont multiples et sérieuses. Tout d'abord, de nombreuses technologies qui auraient pu rompre une partie du lien entre le PIB et les pressions environnementales existent depuis plusieurs décennies maintenant, avec des effets minimes. Plus important encore, toutes les innovations ne vont pas dans le sens d'une plus grande durabilité écologique. Dans une économie capitaliste et orientée vers la croissance, l'innovation est le plus souvent fortement dépendante des opportunités de profit, donc partiellement orientée vers cet objectif. Dans un tel contexte, la plupart des innovations peuvent entraîner une augmentation du PIB, mais seules quelques-unes d'entre elles peuvent contribuer à atténuer les pressions environnementales.

---

39 Étant donné que, dans le scénario de base susmentionné, le budget carbone finit par être entièrement utilisé d'ici 2025, l'auteur calcule dans un deuxième scénario l'exigence d'une réduction de 95 %, toutes choses égales par ailleurs. Le taux d'amélioration passe à une réduction de 10,4 % de l'intensité de carbone d'une année sur l'autre, mais le budget carbone est toujours épuisé à la fin des années 2020. Pour éviter cela, un troisième scénario fixe l'année cible à 2035 au lieu de 2050, et la vitesse nécessaire du changement technologique est de 13 % pour

Les changements technologiques futurs peuvent peut-être apporter quelques améliorations supplémentaires, à condition qu'elles ne soient pas annulées par des effets de rebond (cf. raison 2) et qu'elles n'entraînent pas un déplacement des problèmes (cf. raison 3). Les rythmes passés et actuels des évolutions technologiques sont clairement en contradiction avec les changements urgents et radicaux que les crises environnementales appellent et la baisse des taux marginaux d'amélioration (cf. raison 1) n'incite guère à l'optimisme pour l'avenir.

## 7. Déplacement des coûts

Le découplage absolu constaté dans les premières nations industrialisées n'est apparent que si ces pays externalisent ailleurs leur production à forte intensité biophysique. Cet effet de fuite (40) - également appelé parfois "découplage par transfert de charges" (PNUE, 2014a) ou "découplage virtuel" (Moreau et Vuille, 2018) - peut être intentionnel ou conjectural (Peters, 2008). Il est intentionnel ou direct lorsque le déplacement géographique de la production résulte d'un choix évident de délocalisation vers des juridictions où les réglementations environnementales sont moins strictes - on parle alors d'"hypothèse du paradis de la pollution." Elle est conjecturale ou indirecte lorsque l'effet est attribué à un ensemble plus large de facteurs (par exemple, des différences dans le coût de la main-d'œuvre, la capacité industrielle, l'accès aux ressources ou la technologie). En partant de ce principe, la mondialisation entraînerait la concentration des activités polluantes dans les pays les moins réglementés - le plus souvent les pays à faible revenu. En d'autres termes, le commerce permettrait le découplage de certaines régions au prix d'une intensification des pressions environnementales ailleurs, ou, en d'autres termes, permettrait aux pays à forte consommation d'externaliser les coûts environnementaux de la production vers les pays à faible consommation (on parle alors d'impacts "incorporés", par exemple les émissions incorporées, l'énergie incorporée).

### Preuves empiriques du transfert des coûts environnementaux

La littérature empirique sur les pressions environnementales incorporées dans le commerce est cohérente. Passant en revue les études sur le carbone incorporé, Sato (2014) a identifié un volume important et croissant d'émissions de carbone incorporé dans le commerce international, qui représentait en 2006 environ un quart des émissions mondiales. En examinant 113 pays, Peters et al. (2011) constatent que les transferts nets d'émissions via le commerce international des pays à faible revenu vers les pays à revenu élevé ont quadruplé entre 1990 et 2008.

Cela ne concerne pas seulement les émissions mais aussi les ressources. Entre 1997 et 2001, 16 % de l'empreinte hydrique mondiale a été incorporée dans le commerce international (Hoekstra et Chapagain, 2007). Les matières premières incorporées dans le commerce international ont représenté

---

une réduction de 90 % et de 15 % pour une réduction de 95 %. Dans le scénario 4, les pays à faible revenu sont censés égaler le revenu des pays riches (avec une expansion de 2% dans les pays riches, il faudra un taux de croissance de 7,6% dans les pays pauvres pour que les deux niveaux de revenu convergent). Dans ces conditions, l'intensité de carbone doit être inférieure à 2 gCO<sub>2</sub>/\$ pour atteindre une réduction de 95 %, soit près de 1/250 de ce qu'elle est aujourd'hui. Pour atteindre ces objectifs d'ici 2035, il faut que l'intensité de carbone diminue en moyenne de 18 % par an, soit 100 fois plus vite que le rythme actuel de changement.

30 % de l'augmentation de la consommation mondiale de matières au cours de la période 1990- 2010, " cet effet étant dû à la contribution croissante des économies moins efficaces en termes de matières à la production mondiale " (Plank et al., 2018, p. 19).

De même, Schandl et al. (2018, p. 8) signalent que l'efficacité matérielle mondiale diminue en raison d'un " important transfert de l'activité économique des économies très efficaces sur le plan matériel, comme le Japon, la République de Corée et l'Europe, vers les économies actuellement beaucoup moins efficaces sur le plan matériel que sont la Chine, l'Inde et l'Asie du Sud-Est. "

Par exemple, un rapport de l'OCDE de 2011 affirmait que l'Allemagne, le Canada, l'Italie et le Japon avaient atteint un découplage absolu de la consommation matérielle depuis les années 1980 (OCDE, 2011). Même si, comme le souligne Bednik (2016, p. 107), les auteurs du rapport précisent que "certaines parties " de ce découplage sont dues à l'exportation des activités manufacturières dans les pays émergents et en développement (OCDE, 2011, p. 15-16). La différence entre l'utilisation brute des ressources (mesurée selon une approche de production) et l'utilisation nette de ressources (mesurée selon une approche de consommation) était de 27,7 % pour l'Allemagne et de 24,7 % pour l'Italie en 2004, et pouvait atteindre 44 % pour la France (Laurent, 2012).

Plus généralement, Davis et Caldeira (2010) estiment que la différence entre les émissions de production et de consommation est d'environ 30 % dans les pays riches. Par rapport aux taux de découplage prétendument absolus annoncés dans certaines études, le seul facteur du transfert de coûts suffit à expliquer le constat (41).

## Pourquoi le transfert de coûts se produit-il ?

Ce qui est observé empiriquement trouve son explication théorique dans l'analyse du système mondial et la théorie de la dépendance (Amin, 1976 ; Emmanuel, 1972 ; Wallerstein, 1974). S'appuyant sur cette tradition, Hornborg (1998, p. 38) appelle ce processus "échange écologiquement inégal" : "une relation d'échange, même lorsqu'elle a été engagée volontairement, peut générer une détérioration systématique des ressources, de l'indépendance et du potentiel de développement de l'une des parties." Dans cette perspective particulière, le monde peut être divisé en pays centraux, pays semi-périphériques et pays périphériques, les premiers ayant plus de pouvoir pour importer des richesses des autres et en exporter mal.

Emmanuel (1972) a montré comment les différences de prix du travail entre les nations entraînent un transfert net de travail incorporé des plus pauvres vers les plus riches. Ce qui est pertinent pour le découplage, c'est que le même mécanisme est à l'œuvre mais avec la matière, l'énergie et les pollutions. S'il est moins cher de produire ce qui est le plus polluant ailleurs, et par conséquent, il y aura un transfert net de la charge environnementale du Nord au Sud. En termes de découplage, cela signifierait que les pays du centre se retrouvent dans une situation de déficit écologique avec leur périphérie.

Le découplage dans certaines régions du monde serait une " illusion locale " (Hornborg, 2016, p. 115) ou une " illusion géographique " (Fischer-Kowalski et Amann, 2001) qui est permise par un processus de " déplacement de la charge environnementale " (Muradian et al., 2001) ou de " transfert des coûts "

---

40 Parce qu'il est principalement axé sur le carbone, ce phénomène est appelé "fuite de carbone" dans la littérature empirique. Le terme "fuite" dépolitise le processus et nous préférons donc, à la suite de Kapp (1950) et de l'école de l'analyse des systèmes mondiaux (notamment Hornborg, par exemple 1998), l'appeler un processus de transfert des coûts environnementaux par lequel les nations plus riches imposent systématiquement les coûts environnementaux de leur consommation aux pays plus pauvres.

(Kapp, 1950) d'une localité à une autre ou du présent au futur. Dans le même ordre d'idées, Hornborg (2001, p. 33) nous invite à "considérer le monde comme un système, dans lequel les problèmes environnementaux d'un pays peuvent être l'envers de la croissance d'un autre pays".

Ce constat est particulièrement pertinent lorsqu'il s'agit de changements technologiques. Hornborg (2019, p. 15) affirme que la technologie moderne "doit être comprise non pas simplement comme un indice d'ingéniosité, mais comme une stratégie sociale d'appropriation (du travail et de la terre)" ou comme "une stratégie de déplacement (du travail et des charges environnementales)". Un aspirateur peut faire gagner du temps dans le nettoyage de la maison, mais il le fait aux dépens de quelqu'un qui a dû consacrer du temps et de l'énergie à la construction de l'aspirateur, et de beaucoup d'autres personnes qui ont dû extraire les matériaux nécessaires à sa fabrication.

Il ne serait pas pertinent de célébrer le découplage dans un pays si celui-ci est réalisé au détriment du couplage dans un autre, surtout si ce dernier est plus pauvre que le premier. Il y a de fortes raisons théoriques de croire que les quelques cas de découplage local qui sont célébrés (qui restent des exceptions) sont principalement un déplacement des pressions environnementales ailleurs, comme nous l'avons montré dans la section 2. Si tel est le cas, cela signifie que la durabilité écologique ne peut être atteinte que par une réduction de la production polluante. Cette raison est peut-être la plus problématique de toutes. Tant que les individus, les entreprises et les nations resteront engagés dans la concurrence par les coûts, ils seront incités à faire disparaître les coûts écologiques sous le tapis, l'allègement des empreintes restant un simple artifice statistique.

## Conclusions de la section 3

Dans cette section, nous avons donné un certain nombre de raisons d'être sceptiques quant au découplage : (1) l'augmentation des dépenses énergétiques, (2) les effets de rebond, (3) le déplacement des problèmes, (4) l'impact sous-estimé des services, (5) le potentiel limité du recyclage dans une économie en croissance, (6) les changements technologiques insuffisants et inappropriés, et (7) le déplacement des coûts. Chacun d'entre eux, pris individuellement, jette un doute sur la possibilité de découplage et donc sur la faisabilité de la "croissance verte". Considérée dans son ensemble, l'hypothèse du découplage apparaît fortement compromise, voire clairement irréaliste. Il est urgent d'en tirer les conséquences en termes d'élaboration des politiques et, suivant le principe de précaution, de s'éloigner de la poursuite continue de la croissance économique dans les pays à forte consommation, en particulier dans l'UE. Conformément aux arguments que nous avons examinés dans cette section, la charge de la preuve incombe aux partisans du découplage. À moins que des démonstrations adéquates et convaincantes ne soient apportées contre chacun des arguments susmentionnés, le concept de découplage reste un acte de pure croyance sans grande pertinence pour l'élaboration des politiques.

---

41 Dans leur étude sur les émissions incorporées dans les importations britanniques, Druckman et al. (2008, p. 594) concluent que "tout progrès vers les objectifs de réduction des émissions de carbone du Royaume-Uni (visible dans une perspective de production) disparaît complètement lorsqu'on le considère dans une perspective de consommation."



# Conclusions : Adieu à la croissance verte

Ce rapport a cherché à faire un certain nombre de remarques. Tout d'abord, les études scientifiques et les discussions politiques sur le découplage doivent être précises quant à la définition du terme (est-il relatif ou absolu, concerne-t-il l'utilisation des ressources ou les impacts, est-il mondial ou local, temporaire ou permanent ? Est-il suffisant pour atteindre l'objectif ? Tient-il compte d'une répartition équitable des charges et des avantages ?

Dans la deuxième section, nous avons passé en revue la littérature empirique sur le découplage, à la recherche de preuves du type de découplage qui justifierait la croissance verte en tant que stratégie politique. Notre constat est clair : la littérature sur le découplage est une botte de foin sans aiguille. Parmi toutes les études examinées, nous n'avons trouvé aucune trace qui justifierait les espoirs actuellement investis dans la stratégie de découplage. Dans l'ensemble, l'idée selon laquelle la croissance verte peut résoudre efficacement les crises environnementales en cours n'est pas suffisamment étayée par des fondements empiriques.

Il est important de noter ici que le découplage n'est ni une stratégie nouvelle ni une stratégie jamais testée. Il s'agit du principal plan de développement durable, du moins pour l'OCDE et la Commission européenne, depuis 2001, et d'un élément clé des politiques environnementales et industrielles de nombreux États membres depuis les années 1990. Le découplage n'est pas une stratégie innovante mais plutôt la continuation de ce qui a été fait dans l'Union européenne au cours des dernières décennies. Les maigres résultats obtenus jusqu'à présent dans le cadre de la stratégie de découplage, décrits dans la section 2, laissent planer un doute sérieux quant à l'amélioration des perspectives d'avenir à court et moyen terme. Si l'on considère les deux dernières décennies comme une période d'essai, force est de constater que le découplage n'a pas apporté la durabilité écologique qu'il promettait. Enfin, nous avons affirmé qu'il y avait plusieurs raisons d'être sceptique quant à l'occurrence du découplage à l'avenir. (1)

L'augmentation des dépenses énergétiques, (2) les effets de rebond, (3) le déplacement des problèmes, (4) l'impact sous-estimé des services, (5) le potentiel limité du recyclage, (6) les progrès technologiques insuffisants et inappropriés, et (7) le déplacement des coûts peuvent, chacun individuellement, et plus encore tous ensemble, compromettre, voire écarter, la possibilité d'une "croissance verte". L'idée ici n'est pas que les améliorations de l'efficacité sont inutiles (et en ce sens, nous soutenons la plupart des politiques ciblées sur le découplage préconisées par le PNUÉ dans son rapport 2014a), mais plutôt qu'il est théoriquement et empiriquement irréaliste d'attendre de celles-ci qu'elles dissocient absolument, globalement et de manière permanente un métabolisme économique en croissance constante de sa base biophysique. Compte tenu de la corrélation historique entre le PIB et les pressions environnementales, ainsi que des améliorations technologiques requises pour une réduction suffisamment importante et rapide de l'utilisation des ressources et de la dégradation de l'environnement, s'appuyer sur le seul découplage pour résoudre les problèmes environnementaux semble être un pari extrêmement risqué et irresponsable. Encadrer les questions de justice socio-écologique avec le concept de découplage revient à essayer de couper un arbre avec une cuillère : la tentative risque d'être longue et très probablement vouée à l'échec.

Comme l'affirmait déjà Daly (1977, p. 115) il y a 40 ans, le pari auquel nous sommes confrontés s'apparente au pari de Pascal. Soit nous espérons que, d'une manière ou d'une autre, ces sept problèmes se résoudront d'eux-mêmes, en poursuivant la croissance comme si de rien n'était et en risquant un effondrement social et environnemental ; soit nous reconnaissons que le découplage est susceptible d'échouer avec des conséquences irréversibles sur l'environnement, et nous suivons une approche fondée sur le principe de précaution, en nous éloignant d'une stratégie risquée de croissance verte et en réduisant directement les formes problématiques de production et de consommation actuelles. À la lumière de ce que montre ce rapport, la prudence justifie à elle seule l'abandon du découplage et de la croissance verte comme seule stratégie de durabilité.

Les affirmations extraordinaires nécessitant des preuves extraordinaires, la charge de la preuve devrait incomber aux partisans du découplage. Comme nous l'avons expliqué dans la section 3, toute demande de découplage doit répondre à une série d'arguments. C'est le défi que doit relever toute politique qui tente de suivre le scénario d'atténuation de 1,5°C du GIEC et de mettre en œuvre les objectifs de développement durable. Jusqu'à présent, la littérature sur la croissance verte est soit silencieuse, soit peu convaincante en ce qui concerne l'un des sept arguments que nous avons énumérés dans ce rapport. À la lumière de ces résultats, notre recommandation est la suivante : les décideurs politiques doivent reconnaître que la résolution des crises du climat et de la biodiversité (qui ne sont que deux des nombreuses crises environnementales) peut nécessiter une réduction directe de la production et de la consommation économiques dans les pays les plus riches. En d'autres termes, nous préconisons un changement de priorités, de l'efficacité à la suffisance, la seconde étant placée avant la première. La stratégie de découplage considère les niveaux de consommation comme acquis et s'appuie sur l'espoir que la poursuite de la croissance économique fournira les moyens de (sur)compenser ses propres impacts environnementaux. Il s'agit en effet d'une approche séduisante pour les décideurs politiques dans la mesure où elle ne nécessite que des changements minimes dans la structure économique et sociale. Toutefois, cette focalisation sur l'offre semble contre-intuitive et désormais dépassée. L'obsession du découplage dans la politique européenne témoigne d'un manque problématique de créativité et d'ambition politiques, ainsi que de l'incapacité des décideurs politiques à imaginer l'économie autrement que sous sa forme actuelle.

Le problème est que, même si le découplage pouvait être définitivement prouvé impossible, il faudra un certain temps pour que cela soit démontré à la satisfaction de ses partisans. Comme le soutiennent Fletcher et Rammel (2017), le découplage agit comme un fantasme distrayant qui justifie une voie (toujours plus) destructrice, la promesse de réussite et la démonstration de son impossibilité étant

reportées dans le futur. Mais comme le découplage ne se concrétise pas, les ressources naturelles s'épuisent et les écosystèmes s'effondrent. En ce sens, le découplage n'est pas une opportunité mais une menace. En fin de compte, tant que le PIB ne sera pas réellement découplé des pressions environnementales, toute production supplémentaire nécessitera un effort plus important de réduction de l'intensité des ressources et des impacts pour éviter les conflits de ressources et l'effondrement écologique. En ce sens, essayer de réduire les impacts tout en se développant a aussi peu de sens que d'essayer de freiner tout en accélérant devant un obstacle.

La production et la consommation ayant le moins d'impact est celle qui n'a pas lieu. Dans l'un de ses rapports sur le découplage, le PNUE (2014a, p. 48) consacre une page entière à la description de toutes les technologies possibles pour améliorer le rendement énergétique des camions, qu'il s'agisse de déflecteurs de toit intégral, de capots inclinés, de pare-chocs aérodynamiques ou de pare-brise incurvés. Les options qu'ils ne mentionnent pas comprennent la simple réduction de la vitesse de ces camions ou la substitution du transport ferroviaire au fret par camion, ou encore, plus efficace, la réduction totale du besoin de fret en relocalisant la production et la consommation. Le fait que de telles solutions de bon sens ne soient même pas envisagées dans un rapport complet axé sur les options politiques est une preuve éloquente de la domination de l'accent unidimensionnel mis sur l'efficacité.

Contrairement aux voitures à hydrogène, aux réseaux électriques intelligents à l'échelle régionale et aux marchés du carbone qui fonctionnent bien, la réduction de la production et de la consommation n'est pas un concept abstrait. Au cours des deux dernières décennies, les mouvements du Nord (villes en transition, décroissance, éco-villages, villes lentes, économies sociales et solidaires, économies pour le bien commun) ont commencé à s'organiser autour du concept de suffisance, qui pourrait inspirer une approche politique transversale. Ce qu'ils disent, c'est que plus n'est pas toujours mieux et que dans un monde sous contrainte climatique, assez peut être suffisant. Comme le soutiennent nombre de ces acteurs, le choix de la suffisance n'est pas celui du sacrifice, du chômage, de l'augmentation des inégalités, de la pauvreté et du rétrécissement des États-providence. Il s'agit plutôt du choix d'une économie équitable qui reste dans les limites de la capacité de charge de la biosphère ou, comme le dit le 7e programme d'action pour l'environnement de l'UE, de "vivre dans les limites écologiques de la planète." À l'écoute de ces options alternatives, nous devrions recadrer complètement le débat : ce qu'il faut découpler, ce n'est pas la croissance économique des pressions environnementales, mais la prospérité et le "bien vivre" de la croissance économique.

Ce travail souligne la nécessité d'une nouvelle boîte à outils conceptuelle pour informer les politiques environnementales. Dans cette perspective, il semble urgent que les décideurs politiques accordent plus d'attention et soutiennent la diversité existante des alternatives à la croissance verte. Tirer des leçons de la diversité des personnes et des cadres engagés dans l'imagination et la mise en œuvre de modes de vie alternatifs est un moyen prometteur de résoudre ce que nous percevons comme une crise de l'imagination politique. Le succès de cette initiative est important car ce qui est en jeu n'est rien de moins que l'avenir de nos enfants et petits-enfants, pour ne pas dire la civilisation humaine en tant que telle.

Traduit avec DeepL