



HAL
open science

Atteindre la prospérité sans carbone: comment les gouvernements peuvent mettre en oeuvre 15 transformations essentielles

Andreas Fazekas, Chris Bataille, Adrien Vogt-Schilb

► To cite this version:

Andreas Fazekas, Chris Bataille, Adrien Vogt-Schilb. Atteindre la prospérité sans carbone: comment les gouvernements peuvent mettre en oeuvre 15 transformations essentielles. 2022. halshs-03787651

HAL Id: halshs-03787651

<https://shs.hal.science/halshs-03787651>

Submitted on 25 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Atteindre la prospérité sans carbone

Comment les gouvernements peuvent mettre en œuvre 15 transformations essentielles

Andreas Fazekas
Chris Bataille
Adrien Vogt-Schilb

IDDRI

 **BID**

**Catalogage avant publication de la
Bibliothèque Felipe Herrera de la
Banque Interaméricaine de Développement**

Fazekas, Andreas.

Atteindre la prospérité sans carbone: comment les gouvernements peuvent mettre en œuvre 15 transformations essentielles / Andreas Fazekas, Chris Bataille, Adrien Vogt-Schilb.

p. cm. — (Monographie de la BID ; 1020)

Inclut des références bibliographiques.

1. Carbon dioxide mitigation-Latin America. 2. Carbon dioxide mitigation-Caribbean Area. 3. Greenhouse gas mitigation-Latin America. 4. Greenhouse gas mitigation-Caribbean Area. 5. Climate change mitigation-Latin America. 6. Climate change mitigation-Caribbean Area. 7. Climatic changes-Government policy-Latin America. 8. Climatic changes-Government policy-Caribbean Area. I. Bataille, Christopher. II. Vogt-Schilb, Adrien. III. Banque Interaméricaine de Développement. Division du Changement Climatique. IV. Titre. V. Collection.

IDB-MG-1020

Mots-clés: atténuation du changement climatique, décarbonation, neutralité carbone, mise en œuvre, réforme politique, investissement, politique sectorielle

Codes JEL: Q54, Q18, Q28, Q38, Q48, Q58, R48, O13, O19

Copyright © 2022 Banque Interaméricaine de Développement (BID). L'œuvre ci-présente est sous une Licence Creative Commons IGO 3.0 Paternité - Pas d'utilisation commerciale - Pas de travaux dérivés (CC-IGO BY-NC-ND 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) et peut être reproduite à la condition de l'attribuer à la BID et pour tous les types d'utilisation non commerciales. Les œuvres de types dérivées sont interdites.

Toutes les différences concernant l'usage des produits de la BID qui ne peuvent être résolues amicalement, doivent être soumises à la procédure d'arbitrage conformément aux règles UNCITRAL. Le nom de la BID peut être utilisé seulement pour l'attribution de l'œuvre à la BID. Dans tous autres cas, l'utilisation du nom de la BID et l'utilisation du logo de la BID est interdit et il sera nécessaire d'avoir un autre accord de licence convenu entre la BID et l'utilisateur.

N.B Le lien ci-dessus contient des informations supplémentaires sur les termes et conditions de la licence.

Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions de la Banque Interaméricaine de Développement, de son Conseil d'administration ou des pays qu'elles représentent.



Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Avant propos | 4 |
| Remerciements | 8 |
| Résumé exécutif | 9 |
| Électricité | 14 |
| Transformation 1: Accélérer la production d'électricité variable et flexible sans carbone grâce à des sources telles que le solaire, l'éolien, la géothermie et l'hydroélectricité | 15 |
| Transformation 2: Élimination progressive de toute production d'électricité à partir de combustibles fossiles, tels que le charbon, le gaz naturel et le diesel | 20 |
| Transport | 24 |
| Transformation 3: Réduire le transport individuel motorisé et augmenter les transports publics, la marche et le vélo | 25 |
| Transformation 4: Remplacer les véhicules de tourisme diesel et à essence par des véhicules électriques et à émissions nulles | 31 |
| Transformation 5: Réorienter le transport de marchandises vers le rail, l'eau et les technologies à émissions faibles ou nulles | 35 |
| Agriculture, forêts et usage des sols | 40 |
| Transformation 6: Promouvoir des pratiques agricoles qui réduisent les émissions de méthane et d'oxyde nitreux | 42 |
| Transformation 7: Poursuivre la conservation et la restauration des forêts et autres écosystèmes à forte teneur en carbone et la réhabilitation des terres agricoles | 45 |
| Transformation 8: Adopter des régimes alimentaires sains qui réduisent l'empreinte carbone des aliments | 49 |
| Bâtiments | 54 |
| Transformation 9: Atteindre la plus grande efficacité énergétique possible pour l'enveloppe des bâtiments et les appareils | 55 |
| Transformation 10: Électrifier les appareils ménagers | 59 |
| Transformation 11: Déployer la production solaire d'électricité et d'eau chaude dans les bâtiments | 62 |
| Industrie | 66 |
| Transformation 12: Électrifier les usages des basses et moyennes températures dans l'industrie | 67 |
| Transformation 13: Remplacer tous les combustibles et matières premières de l'industrie lourde à haute température par des alternatives à plus faibles émissions | 70 |
| Déchets | 74 |
| Transformation 14: Œuvrer en faveur d'une économie circulaire | 75 |
| Transformation 15: Réduire les pertes et les déchets alimentaires et mettre en place une gestion active du méthane pour l'élimination des matières organiques | 79 |
| Conclusion | 82 |
| Références | 84 |

Avant-propos

La crise climatique se joue devant nous. Les impacts ont commencé à se matérialiser, et ils touchent certaines des communautés les plus vulnérables d'Amérique latine et des Caraïbes. En 2020, les températures moyennes ont dépassé le record historique de 4,2 °C à Florianopolis, au Brésil, de 2,4 °C à Ciudad Juárez, au Mexique, ou de 4,9 °C à Santa Rosa, en Équateur. Cette même année, le Brésil, le Paraguay et la Bolivie ont connu la pire sécheresse depuis un demi-siècle, et trente tempêtes tropicales ont été dénombrées dans le bassin atlantique, le nombre le plus élevé jamais enregistré. Les impacts socio-économiques du changement climatique risquent d'être similaires ou supérieurs, d'ici 2030, aux ravages causés par la pandémie de Covid-19 en 2020, qui a fait bondir l'extrême pauvreté de 5 millions à 86 millions dans cette région.

Heureusement, les pays d'Amérique latine et des Caraïbes agissent. Onze pays se sont engagés à atteindre zéro émission nette, dont la majorité d'ici le milieu du siècle. Beaucoup conviennent que l'action climatique peut être dans leur intérêt. Nous savons que, si elle est bien menée, la transition vers une économie neutre en carbone peut apporter à la région 15 millions de nouveaux emplois nets et 1 % de croissance supplémentaire du PIB d'ici 2030, même en tenant compte des coûts. C'est pourquoi l'action climatique est l'un des piliers de la Vision 2025, le plan du Groupe de la BID pour parvenir à une croissance inclusive et durable.

Pourtant, la réalisation des objectifs de l'Accord de Paris est un défi immense. En Amérique latine et dans les Caraïbes, cela signifie que 7 à 19 % du PIB, ou jusqu'à 1,3 milliards de dollars US de dépenses publiques et privées, devront être alignés chaque année avec les objectifs en

matière de changement climatique. Le financement international sera essentiel, mais sera forcément insuffisant. La transformation de nos économies n'est possible que si toutes les parties prenantes nationales comprennent également ce que la transition vers zéro émission nette exige, pourquoi elle peut être dans leur intérêt et comment elles peuvent agir pour la rendre possible.

Pour aider à cette tâche, ce rapport démystifie ce que signifie concrètement le financement de la transition vers zéro émission nette. Il fournit un menu d'options que les gouvernements peuvent envisager et mettre en œuvre pour enclencher la transition vers une prospérité sans carbone. Il montre comment 15 transformations qui s'appuient uniquement sur des technologies existantes peuvent réduire considérablement les émissions dans les secteurs de l'électricité, des transports, de l'agriculture, de la forêt et de l'utilisation des sols, des bâtiments, de l'industrie et de la gestion des déchets.

Ce rapport démontre, exemples à l'appui, le type de bénéfices sociaux et économiques que les pays de la région peuvent attendre de ces transformations. Par exemple, la réduction de l'utilisation des combustibles fossiles permet de réduire la pollution des villes et l'exposition des communautés, avec des répercussions positives sur la santé. Les transports en commun peuvent faire gagner des milliards de dollars en réduisant le temps perdu dans les embouteillages. Les énergies renouvelables, qui sont la forme d'électricité la moins chère au monde, peuvent garantir des prix plus bas et plus stables pour les clients et les entreprises. La conservation des forêts et des mangroves comporte des avantages pour les écosystèmes. Et une économie circulaire peut améliorer la compétitivité des entreprises industrielles.

Mais le changement ne se fera pas tout seul. Des dizaines d'obstacles, énumérés dans le rapport, empêchent les acteurs publics et privés d'investir dans la transition vers une économie neutre en carbone. Parmi eux, les réglementations favorisent souvent les technologies déjà en place. Des infrastructures clés peuvent manquer. Le financement est difficile. Des acteurs clés peuvent manquer d'informations ou ne pas être en capacité d'agir. Le changement créera des gagnants et des perdants. Les gouvernements qui souhaitent permettre le financement public et privé de l'action climatique peuvent répertorier ces obstacles et agir en conséquence, en prévoyant des réformes réglementaires, le déploiement d'infrastructures, des réformes fiscales, le renforcement des capacités, des campagnes d'information et des mesures pour compenser les impacts distributifs et assurer une transition juste.

L'argument défendu par cette publication n'est pas que la décarbonation est facile, ou que les pays devraient mettre en œuvre immédiatement toutes les interventions gouvernementales énumérées. Au contraire: l'une des principales conclusions de ce rapport est que la transition vers des économies zéro émission nette est un processus complexe et difficile, qui ne peut être résolu par quelques agences gouvernementales ou en recourant à un ou deux instruments politiques seulement. Il faudrait au contraire une approche «pangouvernementale», où chaque ministère et tous les niveaux de gouvernement, y compris les États et les villes, jouent un rôle.

Les pays qui souhaitent procéder à la décarbonation de leur économie devront le faire à leur manière, en partant d'un diagnostic des défis auxquels ils sont confrontés, de leurs priorités de développement et de l'espace fiscal, des capacités et du capital politique qu'ils

peuvent utiliser pour encourager le changement. En ce sens, les 15 transformations que nous proposons ne sont qu'une liste d'options que les gouvernements peuvent envisager.

Il n'existe pas de solution universelle. L'Accord de Paris, qui a été ratifié par tous les membres de la BID, établit la nécessité de faire reposer l'action climatique sur le respect du principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives. Chaque pays devrait donc concevoir son propre plan d'actions sur mesure pour assurer une transition juste et méthodique vers une économie décarbonée qui apporte des avantages nets à ses entreprises, ses ménages et ses communautés.

Nous espérons que vous vous appuyerez sur la BID comme partenaire proche des pays d'Amérique latine et des Caraïbes qui se lancent dans ce processus. Nous visons à fournir 24 milliards de dollars de financement climatique au cours des quatre prochaines années, et en 2021, nous avons approuvé près de 4,5 milliards de dollars pour des opérations liées au climat, ce qui représente le montant le plus élevé de notre histoire. Depuis notre position à la BID, nous continuerons à investir, à soutenir et à mettre toutes nos connaissances au service de cette tâche vitale, comme nous l'avons fait par le passé. Avec cette publication, nous franchissons une nouvelle étape importante vers la réalisation de cet objectif commun.

Benigno López Benítez

Vice-président pour les secteurs et le savoir
Banque Interaméricaine de Développement

Tous les pays sont confrontés aux trois crises structurelles que sont le changement climatique, la perte de biodiversité et la pollution dévastatrice, impactant la vie des populations et les perspectives économiques. Nous devons aussi faire face aujourd'hui aux crises conjoncturelles liées à la pandémie et la guerre en Ukraine. Les pays en développement sont les plus touchés car ils manquent souvent de ressources pour financer la relance. Dans ce contexte, les accords de coopération et les accords transfrontaliers sont essentiels pour continuer à investir dans le développement durable.

En parallèle, les narratifs de transition sont en pleine mutation à l'échelle globale: la démondialisation est maintenant discutée jusque dans les cercles de Davos tandis que l'économie zéro carbone ou l'économie régénérative sont devenues les nouvelles aspirations de la modernisation. Certaines tendances ne sont pas maîtrisées, comme la numérisation ou la robotisation. D'autres peuvent être choisies, comme la transition vers une économie sobre en carbone, qui apparaît aujourd'hui comme inévitable étant donné le déclin rapide du coût des énergies renouvelables.

C'est dans l'ensemble de ces changements que se trouvent les opportunités. Quelles seront les évolutions qui permettront de capter la valeur, les emplois et le pouvoir de décision? Dans un monde où de nombreux pays veulent récupérer leur souveraineté nationale pour assurer leur sécurité d'approvisionnement en énergie et en biens stratégiques, l'approche ascendante de l'Accord de Paris et de l'Agenda 2030, ancrée dans les réalités nationales, reste un fondement solide sur lequel bâtir l'action nationale et la coopération mondiale.

L'Amérique latine et les Caraïbes, dont les trajectoires de développement ont été historiquement particulièrement soumises aux modalités de la mondialisation, sont en première ligne. La transformation vers une économie neutre

en carbone et préservant la biodiversité peut être un moyen d'embrasser le changement. La région peut jouer un rôle actif dans la transformation au niveau national et contribuer à établir les normes et les standards pour l'économie mondiale du futur.

Le temps est compté si on veut faire en sorte d'éviter les effets du changement climatique les plus délétères. La récente conférence Stockholm+50 a montré que seuls un dixième des centaines d'objectifs mondiaux fixés depuis 1972 ont été atteints. Les pays doivent renforcer leurs capacités institutionnelles à anticiper le changement, à le gérer et à coordonner les actions des acteurs publics et privés. Il est impératif que la politique et les politiques servent un agenda d'action. C'est le moment de mettre l'accent dans les dialogues et dans l'analyse sur le "comment", et de le faire avec les acteurs de terrain.

La science doit jouer un rôle central comme guide de la prise de décision. Nous savons que la neutralité carbone doit être atteinte entre 2050 (pour 1,5 °C) et 2075 (pour 2 °C) et que les autres gaz doivent aussi être drastiquement limités. Des réductions d'émissions à cette échelle nécessitent des transformations rapides, bien au-delà de ce qui a été observé dans le passé, dans tous les composants du système économique, y compris l'énergie, les formes urbaines, les infrastructures, l'industrie, les déchets, les terres et les écosystèmes.

Ces transformations drastiques exigent à leur tour des mutations profondes des technologies mais aussi des conditions sociales, économiques, institutionnelles et politiques. La science montre que les objectifs climatiques ambitieux et les objectifs de développement durable peuvent être atteints simultanément si l'action est initiée sans délai, est guidée par une vision stratégique des transformations, et est induite par des ensembles de politiques domestiques et une coopération internationale bien articulées.

Ce rapport vise à mettre la science au service des décideurs politiques préoccupés par la question du «comment» aller vers un monde neutre en carbone. Nous espérons que les pays qui cherchent à mettre en œuvre dans leur contexte national les transitions profondes et rapides requises à l'échelle mondiale trouveront dans ce rapport des orientations utiles pour traduire ces trajectoires en politiques concrètes.

Pour ce rapport, nous avons mobilisé le corpus de connaissances issu de nos travaux au sein de notre communauté internationale d'experts, le réseau Deep Decarbonization Pathways (DDP), qui travaille en lien étroit avec des décideurs dans plus de 30 pays, notamment dans les pays du Sud. Nos travaux ont montré la pertinence pour les pays d'explorer les trajectoires de développement technico-économique, en partant des exigences imposées par les objectifs climatiques et socio-économiques d'ici au milieu du siècle pour éclairer les décisions d'investissement à court terme.

Sur la base de ces évaluations scientifiques, les experts du réseau DDP conseillent leurs gouvernements, pour les aider notamment à prendre en considération les risques liés au piégeage dans des trajectoires intensives en carbone. Nos analyses peuvent informer les décisions prises dans l'urgence pour la relance économique ou en réponse à des chocs sur les prix de l'énergie pour éviter qu'elles ne conduisent à investir dans des actifs qui deviendront échoués dans une décennie ou deux, une fois que l'économie zéro carbone sera devenue la nouvelle normalité. Les études menées au sein du DDP ont aussi permis des analyses approfondies sur les leviers, opportunités et défis associés à la décarbonation des secteurs les plus difficiles tels que les transports, l'industrie ou l'agriculture et l'utilisation des terres, qui sont souvent mal pris en compte dans les plans existants de réduction d'émissions.

Une des leçons clés que nous avons apprises concerne l'importance de l'implication des parties prenantes. La co-construction des scénarios de décarbonation et des paquets de politiques qui les sous-tendent permet à ces analyses scientifiques de servir effectivement un programme d'action. Seul un débat politique approfondi au niveau national et infranational peut permettre que les trajectoires de transformation soient une source robuste d'inspiration pour tous les acteurs. Une stratégie largement acceptée est la seule garantie pour les investisseurs, d'incitations stables sur la durée.

Les travaux du réseau DDP ont montré que les transitions nationales peuvent être initiées en utilisant les technologies existantes et à un coût financier faible et souvent négatif. Beaucoup de ces transformations ont d'importants avantages économiques nets lorsque l'ensemble des coûts et bénéfices économiques et environnementaux sont pris en compte. Cependant, la mise en œuvre nécessite une clarté sur les choix à faire dans la transition, sur les politiques et actions concrètes qui peuvent être envisagées, en particulier envers les possibles perdants du changement, sur les mesures à adopter pour gérer les coûts socio-économiques de la transition et sur les opportunités offertes par la coopération internationale.

L'iddri continuera d'accompagner les gouvernements dans l'élaboration de stratégies permettant d'aborder la question climatique de façon efficace et acceptable. Nous sommes reconnaissants aux partenaires stratégiques tels que la BID qui font confiance aux approches scientifiques ancrées dans les réalités des pays, et j'espère que cette publication fera une différence pour gouvernements engagés sur la question climat.

Sebastien Treyer

Directeur

Institut du développement Durable et des Relations Internationales (Iddri)

Remerciements

Ce rapport a été rédigé par Andreas Fazekas, Professionnel associé, secteur Changement climatique et développement durable de la BID; Chris Bataille, Chercheur associé, Iddri; et Adrien Vogt-Schilb, Économiste principal, secteur Changement climatique et développement durable de la BID.

Nous remercions de nombreux collègues de la BID pour leurs commentaires constructifs et leurs suggestions à différentes étapes du projet, notamment Maria Julia Bocco, Christiaan Gischler Blanco, Sergio Campos, Ophélie Chevalier, Maryam Esmaeili, Natalia Espinola Lopez, Tatiana Gallego, Marcelino Madrigal Martínez, Pedro Martel, Sebastian Miller Astete, Pedro Martel, Ernesto Monter, Raúl Munoz Castillo, Juan Manuel Murguía Baysse, Alejandra Paris, Nestor Roa, Juan Roberto Paredes, Ricardo Quiroga, Juan Alfredo Rihm Silva, Ana Rios, Manuel Rodriguez Porcel, Thomas Serebrisky, Andreas Smith Jorgensen, German Sturzenegger, Maria Camila Uribe, Guy Edwards, Luis Felipe Vera Benitez et Graham Watkins.

Nous remercions Claudio Alatorre, Dali Slim et Benoit Mauduit (AFD - Agence Française de Développement); Jose Javier et Santiago Lorenzo (CEPALC); Yann Briand, Marta Torres Gunfaus, Johannes Svensson et Henri Waisman (Iddri) pour leurs idées et suggestions; Chao He, Anna Ivanova et Diane Christin Kostroch (FMI); Nathalie Girouard, Martin Grimeland et Mariana Mirabile (OCDE); Stéphane Hallegatte (Groupe de la Banque mondiale); et Richard Baron et Marcela Jaramillo (2050 Pathways).

Tous les choix éditoriaux et les erreurs restantes sont le fait des auteurs.

Graphisme de Sahadia Yusari, montage de Philip Whiteman.

La recherche a été financée par le Fonds français pour le climat de la Banque interaméricaine de développement (RG-T3575).

Résumé exécutif

L'Accord de Paris fixe les objectifs suivants : limiter le réchauffement de la planète à un niveau bien inférieur à 2 °C et aussi proche que possible de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, rendre toutes les économies résilientes face aux impacts climatiques et veiller à ce que les flux financiers soient compatibles avec ces objectifs (UNFCCC, 2015). La tâche est énorme: les transformations nécessaires exigeront le réaligement de 7 à 19 % du PIB en dépenses privées et publiques chaque année (Galindo Paliza *et al.*, 2022).

Pour atteindre ses objectifs de température, l'Accord de Paris et les décisions ultérieures de ses parties accordent une importance centrale aux stratégies de réduction des émissions, décidées par et pour chaque pays, selon le principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives. Cela peut prendre la forme de contributions déterminées au niveau national (CDN) ou de stratégies de développement à faibles émissions à long terme (connues sous le nom de LEDS, LT-LEDS ou LTS). Lors de la Conférence des Nations Unies sur le changement climatique de 2021 à Glasgow, les Parties ont reconnu la nécessité de décarboner l'économie mondiale d'ici 2050 si possible, et d'ici le début de la seconde moitié du XXI^e siècle pour les 49 Parties classées comme pays les moins avancés (Nations unies, 2021). En réponse à ce cadre et à un mandat de plus en plus clair de la part des entreprises et du public, plus de 50 pays dans le monde (dont 11 en Amérique latine et dans les Caraïbes) ont adopté des objectifs pour atteindre zéro émission nette de carbone ou de gaz à effet de serre (GES), et plus de 140 autres pays ont annoncé ou envisagent des objectifs similaires (Net Zero Tracker, 2022).

Pour atteindre zéro émission nette, il faudra que les entreprises, les ménages et les agences gouvernementales de nombreux secteurs différents de l'économie prennent des mesures. Les trois GES les plus importants sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) (IPCC, 2021). À l'échelle mondiale, les émissions directes de GES proviennent de l'industrie (26 %), de la production d'électricité et de chaleur (24 %), de l'agriculture, de la forêt et des changements d'affectation des terres (21 %), l'agriculture représentant environ la moitié des émissions et la sylviculture et les changements d'affectation des terres représentant l'autre moitié des émissions, des transports (14 %), des autres énergies (10 %) et des bâtiments (6 %) (Lamb *et al.*, 2021). En Amérique latine et dans les Caraïbes, les émissions en 2018 provenaient de l'agriculture, de la foresterie et des changements d'affectation des terres (44 %), ensuite des transports (15 %), de l'électricité (13 %), de la fabrication et de l'industrie (10 %), des déchets (6 %) et des bâtiments (3 %), tandis que le reste (9 %) était lié aux émissions fugitives et aux autres processus de combustion d'énergies (WRI, 2021).

Dans ce rapport, nous nous appuyons sur la littérature académique et les rapports d'agences gouvernementales internationales et de *think tanks* pour proposer une liste de 15 transformations que les pays peuvent envisager de mettre en œuvre pour atteindre zéro émission nette, des

avantages qui leur sont associés, des obstacles à leur mise en œuvre et pour identifier un ensemble de politiques que les gouvernements peuvent utiliser pour lever ces obstacles dans chaque secteur et permettre les transitions. Nous constatons qu'il est *techniquement possible* de parvenir à zéro émission nette (GIEC, 2022). Cela signifie que des analystes à travers le monde ont identifié les technologies existantes et les changements de comportement qui, s'ils sont rendus possibles par des interventions gouvernementales appropriées, peuvent permettre d'atteindre une économie neutre en carbone.

La transition peut être effectuée par des actions parallèles et immédiates dans tous les secteurs, principalement pour remplacer les centrales électriques à combustibles fossiles par des énergies renouvelables; électrifier autant que possible les transports, les bâtiments et les autres usages de l'énergie; remplacer les voitures individuelles par les transports publics, le vélo et la marche; améliorer les pratiques agricoles; cesser la déforestation et préserver et étendre les forêts et autres écosystèmes à forte teneur en carbone comme les tourbières; adopter des régimes alimentaires sains qui permettent une réduction des terres utilisées pour la production alimentaire; améliorer l'efficacité énergétique et matérielle et transformer la production industrielle en remplaçant principalement les combustibles fossiles par de l'électricité, de l'hydrogène et des carburants synthétiques à faible teneur en carbone; et améliorer la gestion des déchets en réduisant la quantité de déchets produits, en améliorant le recyclage et en introduisant des structures d'économie circulaire (Fay *et al.*, 2015; Waisman *et al.*, 2019; Bataille *et al.*, 2020; DDPLAC, 2020; IDB and DDPLAC, 2019; IPCC, 2022).

Atteindre zéro émission nette peut aller de pair avec des avantages économiques et sociaux. Les transformations énumérées ci-dessus peuvent s'accompagner d'avantages locaux, tels que la réduction des coûts énergétiques permis par les énergies renouvelables particulièrement peu chères, des économies de fonctionnement grâce à l'électromobilité, les avantages pour la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique, la diminution du temps perdu dans les embouteillages, des effets positifs sur la santé liés à l'exercice physique, la réduction des accidents, des régimes alimentaires plus sains, une meilleure productivité industrielle et agricole, et des services écosystémiques, notamment la préservation de la biodiversité, l'approvisionnement en eau douce et l'attraction du tourisme. Atteindre zéro émission nette d'ici 2050 peut apporter des bénéfices nets s'élevant à 41 milliards de dollars au Costa Rica, 140 milliards de dollars au Pérou et 7 milliards de dollars au Chili (Groves *et al.*, 2020; Quirós-Tortos *et al.*, 2021, Benavides *et al.*, 2021). En Amérique latine et dans les Caraïbes, les bénéfices nets peuvent augmenter le PIB de 1 % d'ici 2030 (Vogt-Schilb, 2021). Des millions d'emplois peuvent être créés pendant la transition si les gouvernements alignent les stratégies sectorielles, les réglementations du travail et les politiques d'éducation sur les objectifs en matière de changement climatique (ILO, 2018; Saget *et al.*, 2020). Ces bénéfices locaux viennent s'ajouter au principal avantage global de la transition vers zéro émission nette, qui constitue la motivation initiale pour l'entreprendre: éviter les pires dommages climatiques et leurs impacts socio-économiques (Hallegatte *et al.*, 2016; IPCC, 2022).

De nombreux obstacles empêchent l'adoption de ces solutions. Il s'agit, entre autres, d'obstacles liés aux infrastructures, aux réglementations, aux finances publiques et privées, à l'accès aux informations et à la capacité d'agir en conséquence, ainsi qu'aux questions d'économie politique (BID et DDPLAC, 2019). Par exemple, l'absence de trottoirs, de voies réservées et de feux de circulation peut rendre la marche et le vélo moins pratiques et plus dangereux que l'utilisation de la voiture. La conception du marché et les systèmes de tarification peuvent décourager l'utilisation des énergies renouvelables ou des bus électriques malgré des coûts inférieurs sur l'ensemble de la durée de vie. Les subventions énergétiques peuvent inciter à utiliser des combustibles fossiles plutôt que des énergies renouvelables, et les coûts d'investissement nécessaire pour l'isolation des bâtiments et pour le passage aux poêles électriques, aux chauffe-eau électriques et aux pompes à chaleur performants constituent un obstacle important pour la plupart des ménages. Les agriculteurs ont souvent des capacités limitées pour surveiller ou améliorer leur utilisation des engrais synthétiques. En outre, la plupart des ménages ne disposent que d'informations partielles sur la teneur relative en carbone et les avantages pour la santé de différents régimes alimentaires. Les fermetures progressives des centrales électriques au charbon, au pétrole et au gaz peuvent être entravées par les impacts négatifs qu'elles engendrent sur les travailleurs et les communautés touchés, malgré les impacts socio-économiques nets positifs pour la société dans son ensemble. De tels obstacles empêchent collectivement la transition vers zéro émission nette de se produire rapidement, malgré les preuves scientifiques et les mandats politiques en faveur de l'action climatique.

Des dizaines d'interventions gouvernementales seront donc nécessaires pour lever les barrières qui empêchent les secteurs privé et public d'investir dans des solutions zéro émission nette. Il s'agit, entre autres, de construire les infrastructures nécessaires, de mener des réformes réglementaires, de fixer les prix à leur vrai niveau ou de fournir des subventions ciblées, de renforcer les capacités, de fournir des informations et de gérer l'économie politique. Par exemple, les gouvernements peuvent aménager des trottoirs et des pistes cyclables qui permettent de marcher et de faire du vélo en toute sécurité. Ils peuvent redéfinir les marchés des transports publics et de l'électricité afin de permettre des modèles économiques rentables pour les conducteurs de bus électriques et les opérateurs d'énergie renouvelable. Ils peuvent exiger qu'une partie des nouveaux bâtiments soient bien isolés ou prêts à recevoir l'énergie solaire distribuée, en tirant parti de coûts plus faibles lors de la phase de construction, ou ils peuvent subventionner les pompes à chaleur ou les fourneaux électriques. Les gouvernements peuvent recentrer leurs programmes agricoles sur des pratiques prenant en compte les GES et informer les citoyens sur les régimes alimentaires sains basés sur des produits à faible empreinte écologique. Ils peuvent veiller à ce que les travailleurs et les communautés touchés par la réduction des centrales au charbon participent à la conception des politiques de transition juste et reçoivent une compensation et un soutien pour s'adapter. Les gouvernements peuvent également utiliser les processus de marchés publics pour créer des marchés pour les matériaux écologiques et montrer l'exemple avec des flottes électriques, des bâtiments publics à faible consommation d'énergie ou des repas respectueux de l'environnement dans les écoles et les bureaux publics.

Ces exemples ne visent pas à classer les opportunités de réduction des émissions, les avantages, les obstacles ou les interventions gouvernementales les plus importants pour permettre la transition. Au contraire, notre travail rejoint de nombreuses contributions antérieures en montrant que l'atténuation du changement climatique est une tâche complexe. Il nécessite une approche globale de l'ensemble du gouvernement qui met l'accent sur le développement durable (Fay *et al.*, 2015), par opposition à une approche reposant principalement sur certains instruments, comme la tarification du carbone (voir également Lilliestam *et al.*, 2021), ou dépendante d'un ou deux ministères clés, tels que l'Environnement ou les Finances. De nombreux travaux antérieurs ont souligné l'importance d'évaluer les transformations sectorielles cohérentes avec les objectifs de décarbonation à long terme (par exemple, Clarke *et al.*, 2014; Rogelj *et al.*, 2019; Bataille *et al.*, 2016; Geels *et al.*, 2019; Arregui *et al.*, 2020); ils ont également fourni des exemples de politiques sectorielles pouvant être utilisées pour réduire les émissions (Roelfsema *et al.*, 2018; Fekete *et al.*, 2021); ou souligné les nombreux avantages de la décarbonation sur le plan du développement et de l'économie, y compris pour une reprise durable après la crise de Covid-19 (Boehm *et al.*, 2021; Cavallo *et al.*, 2021). Ce travail est le premier, à notre connaissance, à énumérer systématiquement les transformations qui peuvent aider les pays à atteindre zéro émission nette dans les principaux secteurs émetteurs, à énumérer les avantages associés à ces transformations et à distinguer explicitement les transformations sectorielles et les politiques nécessaires pour les débloquent, le tout sur la base d'un diagnostic des obstacles empêchant les transformations d'avoir lieu. Même si notre travail a une portée mondiale, nous nous concentrons également sur l'Amérique latine et les Caraïbes.

Les contextes locaux doivent servir de base à la hiérarchisation des interventions du gouvernement. Les gouvernements peuvent prendre en compte différents facteurs lors de l'élaboration de leurs propres plans de réduction des émissions, tels que (1) l'urgence d'agir pour atteindre les objectifs de zéro émission nette, qui dépend de la question de savoir si l'inaction favorise le développement à forte intensité de carbone et rend les actions ultérieures plus difficiles (Vogt-Schilb *et al.*, 2015), (2) les synergies entre les actions de réduction des émissions et les priorités de développement et (3) l'espace fiscal, la capacité institutionnelle et le capital politique disponibles pour investir dans la réalisation de chaque intervention gouvernementale. Le type d'institution gouvernementale et le niveau de gouvernement (par exemple, municipal ou fédéral) qui doivent intervenir dépendent également du contexte du pays, principalement des institutions locales et des attributions légales. En ce sens, ce travail n'est qu'un des éléments que les gouvernements peuvent utiliser pour concevoir des stratégies de décarbonation.

Le reste du rapport est structuré comme suit. Les six sections suivantes (électricité, transport, agriculture, forêt et utilisation des terres, bâtiments, industrie et déchets) comprennent chacune une ou plusieurs transformations clés pour réduire les émissions de GES vers zéro émission nette. Chaque transformation commence par la formulation d'une vision décrivant l'objectif auquel elle aspire. Sont ensuite décrits les changements nécessaires pour réaliser cette vision, les avantages qui pourraient découler de sa mise en œuvre, les obstacles à prendre en compte et les politiques susceptibles de réduire efficacement ces obstacles. La dernière section discute des résultats et conclut.



Électricité

La production d'électricité et de chaleur est responsable de 24 % des émissions mondiales de GES en 2018 (Lamb *et al.*, 2021). En Amérique latine et dans les Caraïbes, le secteur est responsable de 13 % des émissions totales de GES (WRI, 2021). Le secteur de l'énergie (y compris l'électricité, la chaleur, les bâtiments et l'utilisation industrielle de l'énergie) a émis 33,5 GtCO₂ en 2021, soit environ deux tiers des émissions mondiales (International Energy Agency [IEA], 2021a). Près de la moitié de ces émissions ont été causées par le charbon, environ 20 % par le gaz naturel, et le reste est lié au pétrole et aux autres combustibles fossiles. Si les pays suivent leurs CDN actuelles, plus de 20 % de l'électricité sera encore produite à partir de la combustion de charbon dans les pays émergents et en développement en 2050 (*ibid*, p.39), bien que cela puisse changer avec des CDN mises à jour qui s'alignent sur une tendance mondiale vers le net zéro (IEA, 2021b). En Amérique latine, la demande totale en électricité devrait presque doubler d'ici 2040, pour atteindre un total d'environ 2 300 térawattheures (TWh). L'industrie légère et lourde, le refroidissement et les TIC, ainsi que les petits appareils ménagers devraient être les principaux moteurs de la croissance (IEA, 2021c).

Transformation 1

Accélérer la production d'électricité variable et flexible sans carbone grâce à des sources telles que le solaire, l'éolien, la géothermie et l'hydroélectricité

La transformation

L'électricité propre est le pilier de la transition vers zéro émission nette (Clarke *et al.*, 2014; Audoly *et al.*, 2018; Williams *et al.*, 2012b; Rockström *et al.*, 2017; Bataille *et al.*, 2020; Tong *et al.*, 2019; Williams *et al.*, 2021; Davis *et al.*, 2018; Bataille *et al.*, 2016). Cette transformation se concentre sur la construction d'un nombre suffisant de sources de production d'électricité à partir d'énergie renouvelables, en particulier solaire et éolienne, mais aussi géothermique, hydraulique, nucléaire et d'autres centrales de production d'électricité flexible, tout en tenant compte des propriétés spécifiques du pays (par exemple, les conditions topographiques et géographiques ainsi que les ressources), pour satisfaire la demande d'électricité nationale, ainsi qu'une quantité suffisante d'énergie propre flexible pour répondre aux pics de demande.

Avantages



L'un des principaux avantages non climatiques de la production d'électricité propre réside dans les économies financières permises par une stabilité à long terme des rendements pour les investisseurs publics et privés. Cela se traduit idéalement par une baisse des prix de l'électricité pour les consommateurs, étant donné que l'électricité éolienne et solaire est désormais la source d'énergie la moins chère au monde et que le coût des batteries diminue rapidement (IEA, 2021a). Bien qu'il existe des différences régionales en fonction des conditions climatiques telles que le vent ou le soleil, l'énergie solaire à grande échelle a atteint des prix moyens mondiaux de 0,04 USD dans les marchés publics concurrentiels, soit 27 % de moins que l'alternative fossile la moins chère (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2020a). La diminution de l'utilisation d'énergie fossile, comme le pétrole et le charbon, peut également réduire la dépendance des pays vis-à-vis des importations d'énergie (IRENA, 2019a). La plupart des pays peuvent devenir plus indépendants sur le plan énergétique en éliminant progressivement les combustibles fossiles et en déployant une production renouvelable (ibid, p.36). En outre, la production d'électricité renouvelable peut être plus facilement décentralisée, ce qui peut aider à fournir des services d'électricité dans les zones difficiles à connecter (Murphy *et al.*, 2014; IRENA, 2017). L'électricité renouvelable permet également d'intégrer les ménages et les bâtiments commerciaux en tant que producteurs d'électricité (c'est-à-dire en étant à la fois consommateurs et fournisseurs d'électricité). La production d'énergie renouvelable est moins gourmande en eau que la production de combustibles fossiles, ce qui favorise un meilleur accès à l'eau et la sécurité de l'eau (IRENA, 2015). Enfin, l'ensemble de la chaîne de valeur, de la fabrication au démontage et au recyclage en passant par l'installation, l'exploitation et la maintenance, offre des possibilités d'activités économiques plus nombreuses et d'emplois durables (Llera *et al.*, 2013; ILO, 2018). L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a estimé que la transition vers un système de production nette zéro pourrait créer 9 millions d'emplois dans le monde d'ici 2030 (AIE, 2021). Pour aller plus loin, l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) et l'Organisation internationale du travail (OIT) estiment que la construction, l'exploitation et la maintenance de la production renouvelable peuvent créer 43 millions d'emplois dans le monde d'ici 2050 (IRENA and ILO, 2021).

Obstacles



Les principaux obstacles à l'adoption des énergies renouvelables à grande échelle sont les capitaux initiaux nécessaires, la structure des marchés de l'énergie et les infrastructures manquantes telles que les lignes de transmission (AIE, 2021).

Les énergies éolienne et solaire sont gourmandes en capital, malgré leurs coûts de cycle de vie les plus bas permis par un carburant gratuit. Les marchés des capitaux appréhendent de façon imparfaite la production renouvelable, conduisant à des limites sur la disponibilité des financements. Dans les pays en développement, le coût pondéré du capital, plus élevé, aggrave ce problème. Dans la plupart des pays, les systèmes et les marchés de l'électricité ont été créés autour des sources de combustibles fossiles qui peuvent être ajustées pour produire plus ou moins d'énergie en fonction des variations de la demande au fil des minutes, des heures, des jours et des saisons sans prendre en compte les caractéristiques des sources variables.

Les infrastructures sont insuffisantes pour soutenir les énergies renouvelables (IRENA, 2016). Cela comprend les réseaux de transmission et de distribution qui sont obsolètes, ainsi que l'absence d'infrastructures auxiliaires pour la production renouvelable, comme un stockage adéquat ou des mises à niveau techniques sur les sites des consommateurs (AIE, 2020).

La réglementation existante peut entraver le déploiement de la production d'énergie renouvelable. Cela comprend la réglementation sur les emplacements des énergies renouvelables, l'application des normes de sécurité des centrales à combustibles fossiles aux énergies renouvelables, le raccordement au réseau, ainsi que les spécifications sur l'utilisation des centrales et les paiements aux producteurs. Dans de nombreux cas, comme celui de l'hydroélectricité, la nécessité de prendre en compte les risques sociaux et écologiques ralentit la mise en œuvre de nouveaux projets (IRENA, 2020b; International Finance Corporation [IFC], 2015). De plus, alors que les ressources renouvelables sont souvent disponibles de manière décentralisée (par exemple, l'énergie solaire sur les toits), ce qui minimise le besoin de nouvelles transmissions, les réglementations du réseau imposent souvent des barrières de connexion à ces technologies de production à petite échelle.

La planification énergétique existante peut être désuète et incompatible avec les objectifs de zéro émission nette. Les nouvelles technologies doivent être envisagées tant du côté de la demande que de l'offre. Dans un trop grand nombre de pays et de régions, l'anticipation de la demande d'énergie à long terme ne reflète pas les changements importants tels que la nécessité de recharger les véhicules électriques ou les gains d'efficacité énergétique (voir ci-dessous), n'inclut pas les énergies renouvelables ou utilise des hypothèses de coûts dépassées pour les énergies renouvelables. Tous ces paramètres conduisent souvent à une mauvaise compréhension des avantages et des économies de coûts sur toute la durée de vie du déploiement de la production d'énergie renouvelable, et de ses spécificités par rapport à un système traditionnel organisé autour de la production de base (Gielen *et al.*, 2019).

Interventions du gouvernement



Les incitations fiscales peuvent soutenir le déploiement des énergies renouvelables et des infrastructures de soutien nécessaires. Il s'agit de mesures fiscales, telles que des subventions pour les investissements des ménages ou des entreprises, l'amortissement accéléré, les garanties publiques et les partenariats privé-public (Krogstrup and Oman, 2019).

Les mécanismes de soutien tels que les tarifs de rachat, les ventes aux enchères et d'autres formes de mesures de régulation des prix ont également été efficaces (IRENA, 2020b; Rockström *et al.*, 2017).

Un financement ciblé peut être offert pour la modernisation des lignes de transmission et des réseaux de distribution et pour le déploiement d'infrastructures de stockage (par exemple, batteries, hydroélectricité par pompage et hydrogène) (IEA, 2020a; Gielen *et al.*, 2019). De plus, toute mise à jour du système d'incitation fiscale doit s'accompagner d'une élimination progressive des subventions aux combustibles fossiles, assortie de mesures visant à atténuer les impacts sociaux (IEA 2021b; Parry *et al.* 2021).

Des systèmes financiers et des marchés de capitaux fonctionnels peuvent être créés ou renforcés. Les instruments financiers peuvent contribuer à réduire le coût initial plus élevé des énergies renouvelables et des infrastructures associées. Les obligations vertes ou liées à la durabilité peuvent tirer parti des marchés privés nationaux et internationaux (IRENA, 2020c). Les institutions financières internationales telles que les banques de développement peuvent fournir des prêts qui diminuent le coût du capital. L'amélioration de la transparence (par exemple, en recueillant des données spécifiques sur le financement du climat) peut également contribuer à relever les défis du marché du crédit qui conduisent à un sous-financement des projets renouvelables (Krogstrup and Oman, 2019).

Une réglementation actualisée peut promouvoir la production d'énergie renouvelable. Les normes d'émission de GES et celles relatives au portefeuille d'énergies renouvelables peuvent contribuer à garantir que les opérateurs privés investissent dans les énergies renouvelables (IRENA, 2018). Les réglementations relatives à l'utilisation des sols peuvent être mises à jour afin de préétablir des zones de production d'électricité renouvelable, permettant une approbation accélérée de nouveaux sites tout en garantissant la prise en considération des risques sociaux et environnementaux. Les réglementations en matière de sécurité peuvent être adaptées aux énergies renouvelables, reflétant le fait que le régime réglementaire standard pour la manipulation des combustibles fossiles dangereux n'est pas pertinent pour les énergies renouvelables (IEA, 2020a). La conception du marché de l'électricité peut être pensée pour privilégier l'utilisation de sources renouvelables variables par rapport aux combustibles fossiles historiques dont les coûts marginaux de production sont plus élevés. Le comptage net de l'électricité utilisée par les consommateurs peut améliorer les incitations financières pour l'énergie renouvelable distribuée.



La variabilité peut être traitée en déployant des options de flexibilité, de stockage et de gestion de la demande. L'énergie éolienne et solaire variable peu coûteuse peut fournir 60 à 90 % de l'énergie nécessaire, mais elle doit être soutenue par une gestion active de la demande suffisante et une production propre flexible (par exemple, l'hydroélectricité par retenue, la géothermie et peut-être le nucléaire, en particulier dans les pays où cette énergie est déjà utilisée, ainsi que les combustibles fossiles avec captage et stockage du carbone [CSC] dans certains cas) et un stockage sur plusieurs périodes de temps (par exemple, batteries, hydroélectricité par pompage, hydrogène vert) pour équilibrer l'offre et la demande (Sepulveda *et al.*, 2018; Jenkins *et al.*, 2018; Baik *et al.*, 2021; IEA, 2021d).

Une meilleure planification permet d'aligner les plans de déploiement de capacités électriques sur les objectifs de zéro émission nette. Un financement peut être fourni pour promouvoir des analyses de l'offre et de la demande d'énergie qui tiennent compte de différents modèles météorologiques régionaux et de scénarios d'utilisation. Ceux-ci fournissent une estimation du besoin d'approvisionnement en électricité garantie nécessaire par le stockage ou l'hydroélectricité en cas de faible approvisionnement par les énergies renouvelables. Au Chili, le plan énergétique officiel à long terme est en train d'être mis à jour pour le rendre plus cohérent avec l'objectif du pays visant à atteindre zéro émission nette d'ici 2050. Il anticipe, par exemple, la hausse de la demande d'électricité qu'entraînera la mobilité électrique; il prévoit également la création de lignes de transmission et de sites de stockage supplémentaires pour faire face à l'augmentation de la production éolienne et solaire (Ministerio de Energía Gobierno de Chile, 2021).

Transformation 2

Élimination progressive de toute production d'électricité à partir de combustibles fossiles, tels que le charbon, le gaz naturel et le diesel



La transformation

En continuant à utiliser l'infrastructure énergétique à combustibles fossiles déjà existante et en ajoutant les projets fossiles encore en développement, on émettrait plus de GES que ce qui est compatible avec le maintien du réchauffement à 1,5 °C. Environ 50 % de ces émissions sont associées à la production d'électricité (Tong *et al.*, 2019). En Amérique latine et aux Caraïbes, les centrales électriques existantes et prévues, en particulier les centrales au gaz, émettraient de la même manière deux fois plus de GES que ce que les scénarios examinés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) suggèrent pour que la région atteigne les objectifs de 1,5 °C ou 2 °C (González-Mahecha *et al.*, 2019). Cela souligne l'importance d'éliminer toute la production d'électricité d'origine fossile dès que possible, en particulier les centrales électriques qui peuvent être remplacées par des énergies renouvelables variables, même si ces éliminations doivent intervenir avant les périodes d'amortissement pour certains projets de production. Cette transformation comprend également l'arrêt immédiat du développement de nouveaux projets à base de combustibles fossiles et la prise en compte du captage explicite de +90 % de CO₂ et du stockage permanent pour les projets en cours de construction (IEA, 2021d).

Avantages



L'élimination progressive des combustibles fossiles offre des avantages pour la santé via les effets sur l'air, l'eau et les sols. Pour chaque TWh produit, le charbon cause 24,5 décès supplémentaires et plus de 13 000 maladies, le pétrole 18,4 décès et plus de 9 500 maladies, et le gaz naturel 2,8 décès et plus de 700 maladies (Markandya and Wilkinson, 2007). Le captage d'eau pour la production d'électricité pourrait être réduit jusqu'à 95 % d'ici 2050 si 100 % de l'énergie du système énergétique mondial était fournie par des énergies renouvelables (Lohrmann *et al.*, 2019). La dépendance sur le long terme aux importations de combustibles fossiles pourrait également être réduite (IRENA, 2020d, 2019b), de même que les effets négatifs des grandes rentes pétrolières sur la diversification économique, l'innovation, les institutions et la stabilité politique (IRENA, 2019a). En outre, bon nombre des avantages mentionnés dans la Transformation 1 (par exemple, la sécurité énergétique et la réduction des coûts) sont liés à l'élimination progressive des combustibles fossiles.

Obstacles



Une grande partie de la planification énergétique du gouvernement continue de compter sur l'utilisation de centrales électriques et l'extraction de combustibles fossiles (IEA, 2018; SEI *et al.*, 2021). La diminution souvent anticipée, même si non étayée dans les faits, de la fiabilité du secteur de l'électricité (par exemple, en raison de la perte des sources d'énergie à la demande permettant d'équilibrer la production renouvelable variable) représente un



autre obstacle. Cette difficulté est liée au manque de capacités et de connaissances techniques pour intégrer la production renouvelable variable sans nuire à la fiabilité (Sepulveda *et al.*, 2018).

Les impacts négatifs sur les régions et les travailleurs qui dépendent des industries des combustibles fossiles peuvent constituer un obstacle majeur. Cela inclut les pertes potentielles dans la chaîne de valeur de l'industrie du charbon (par exemple, l'exploitation minière et le transport) et les impacts sur l'emploi dans les communautés (GIZ, 2021). Par exemple, au Chili, 4 000 personnes travaillaient dans des centrales au charbon lorsque le gouvernement a décidé de commencer à planifier l'élimination progressive du charbon. Des communautés spécifiques peuvent également être affectées; dans les communautés les plus exposées du Chili, l'énergie du charbon représente près de 4 % du PIB local, et 7,1 % des résidents de ces communautés travaillent dans une centrale au charbon (Saget *et al.*, 2020). Les aspects juridiques, tels que les contrats à long terme avec les entreprises d'extraction et les services publics, peuvent constituer des obstacles supplémentaires.

Les considérations d'économie politique concernant les revenus financiers à court terme de l'extraction des ressources fossiles ralentissent la dynamique de l'élimination progressive (IRENA, 2019a). Les impacts fiscaux de l'élimination progressive des combustibles fossiles peuvent être importants pour les pays ou les gouvernements subnationaux qui dépendent des redevances. À l'échelle mondiale, les pays qui dépendent des combustibles fossiles pourraient voir leurs recettes pétrolières et gazières chuter de 51 % en cas de passage à un monde à faible émission de carbone au cours des deux prochaines décennies (Coffin *et al.*, 2021). En Amérique latine et dans les Caraïbes, plus de 3 000 milliards de dollars de redevances pétrolières et plus de 200 milliards de dollars de redevances sur le gaz naturel risquent de disparaître d'ici 2035 (Solano-Rodríguez *et al.*, 2021; Welsby *et al.*, 2021).

Interventions du gouvernement



Des objectifs obligatoires pour l'élimination progressive peuvent être établis, en tenant compte du fait que la résiliation anticipée des contrats d'achat d'électricité existants pourrait entraîner des coûts supplémentaires (IEA, 2018). Il est possible de recourir à des incitations financières pour une élimination précoce, et toutes les subventions restantes pour les technologies fossiles doivent être supprimées progressivement (IEA, 2021d). Afin de garantir l'intégrité des ressources publiques, les bénéficiaires de ces incitations ne devraient pas construire ou prévoir de construire de nouvelles infrastructures de combustibles fossiles (y compris le gaz naturel). Pour diminuer l'impact social et économique de l'élimination des combustibles fossiles et assurer une transition juste pour les régions et les communautés touchées, les politiques disponibles doivent prévoir des avantages financiers pour atténuer l'impact potentiel des pertes d'emploi, des incitations à la requalification et à l'amélioration des compétences, et un soutien financier plus large



pour les régions touchées afin d'attirer d'autres secteurs et entreprises (GIZ, 202; Saget *et al.*, 2020). Les pays riches en ressources peuvent mettre en avant l'économie politique des opportunités à long terme d'une élimination précoce des combustibles fossiles. De nombreux pays auront besoin d'un plan pour organiser la diversification de leur économie et modifier leurs régimes fiscaux pour ne plus dépendre des combustibles fossiles (Delgado *et al.*, 2021). Cela peut commencer par l'analyse et la planification des impacts qu'une élimination progressive des combustibles fossiles aura sur les systèmes financiers publics et privés, l'interdiction de nouveaux investissements qui augmenteraient cet impact à l'avenir, la programmation du retrait des actifs existants alimentés par des combustibles fossiles et l'établissement d'une stratégie financière pour atténuer l'impact de la réduction des redevances sur les combustibles fossiles (*ibid.*).



Transport

Le secteur des transports est responsable de 14 % des émissions mondiales de GES (Lamb *et al.*, 2021). Le transport routier, tel que les voitures, les camions et les bus, représente 75 % des émissions liées aux transports (IEA, 2021d). En Amérique latine et dans les Caraïbes, le transport est responsable d'environ 15 % des émissions nettes de GES, et constitue l'une des sources d'émissions dont la croissance est la plus rapide dans la région, à égalité avec la production d'électricité (WRI, 2021). La demande et les émissions qui lui sont liées sont appelées à croître, principalement sous l'effet de l'urbanisation et de la croissance du PIB et de la population. Toutefois, pour atteindre les objectifs en matière de changement climatique, les émissions du secteur des transports devront être réduites à un tiers des niveaux de 2019 d'ici 2050.

Transformation 3

**Réduire le transport individuel motorisé
et augmenter les transports publics, la marche et le vélo**



La transformation

D'ici 2050, la demande de transport urbain de passagers devrait être multipliée par 2,3 (ITF, 2021), et par 3,5 dans la région Amérique latine et Caraïbes (Blanco *et al.*, 2022). Les voitures individuelles et les motos ont tendance à émettre plus de GES par passager-kilomètre que les options de transport public telles que les bus, les trams et les métros. L'empreinte des transports publics est bien meilleure lorsqu'ils atteignent des taux d'occupation élevés et lorsqu'ils fonctionnent à l'électricité plutôt qu'aux combustibles fossiles (voir également les prochaines transformations). La marche et le vélo émettent toujours nettement moins que les voitures privées (IPCC *et al.*, 2014).

Dans les zones urbaines des pays développés, environ 52 % de la mobilité est assurée par des transports motorisés privés, tandis que les transports publics et les transports non motorisés représentent respectivement 21 % et 26 %. Dans les pays en développement, cette part est respectivement de 33 %, 27 % et 40 %, avec une part croissante du transport motorisé privé ces dernières années (Sustainable Mobility for All, 2017). Par exemple, la ville de Bogota a connu une baisse de l'utilisation des transports publics collectifs de 40 % à 35 % depuis 2015 (Blanco *et al.*, 2022). Outre les voitures privées, les motos gagnent en popularité, puisque la flotte mondiale est passée de 3,7 millions en 2012 à 5,2 millions après une année de croissance record en 2021.

Selon le principe «éviter - déplacer - améliorer», la stratégie consistant à limiter les besoins de transport est l'option la plus souhaitable, mais aussi la plus difficile à réaliser (Creutzig *et al.*, 2018). Cela peut se faire en utilisant un design urbain qui réduit le besoin de mobilité ou en utilisant la technologie pour augmenter le télétravail et réduire le besoin de réunions en personne pour faire des affaires ou interagir avec le gouvernement.

Le passage des modes de transport individuels motorisés, tels que les voitures et les motos, aux transports publics, au vélo et à la marche peut encore réduire considérablement les émissions. Pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, il faut réduire les déplacements en voiture privée d'au moins 8 % par rapport aux niveaux actuels d'ici 2030 (Boehm *et al.*, 2021).

Avantages



Une réduction du transport individuel motorisé réduit les coûts du système de santé en réduisant la pollution et les accidents (Vohra *et al.*, 2021; Douglas *et al.*, 2011; Suhrcke *et al.*, 2006). Les transports publics peuvent également réduire le volume d'embouteillages et le nombre d'accidents (IDB, 2021b). Au Costa Rica, par exemple, les coûts liés aux embouteillages, aux accidents de la route et aux effets négatifs de la pollution sur la santé s'élèvent à 5 milliards USD par an. La réduction des déplacements par transport individuel peut réduire ces coûts (Groves *et al.*, 2020). Aux États-Unis, 87 milliards USD de gain de productivité auraient été obtenus si aucune circulation n'avait été présente en 2018 (World



Economic Forum [WEF], 2019). Dans les villes de La Paz et de Medellin, il est démontré que les téléphériques ont permis un gain de temps pour les usagers, avec un impact positif sur leur décision en matière de transport et même sur leur employabilité (Yañez-Pagans *et al.*, 2019). Dans les villes de Lima, au Pérou, et de Cali, en Colombie, les investissements dans des systèmes de transport rapide par autobus, combinés à des réformes du secteur informel des autobus, ont permis de réaliser d'importants gains de temps de déplacement en véhicule et de réduire les émissions locales et globales des véhicules de transport en commun circulant dans le corridor (Scholl *et al.*, 2015).

En outre, l'abandon du transport individuel motorisé permet de redéfinir l'espace public, par exemple en redonnant vie aux rues en les transformant en zones piétonnes ou en créant des espaces verts qui améliorent l'attractivité des quartiers et présentent des avantages connexes pour le climat, comme la réduction des températures ou la protection contre les inondations (Foster *et al.*, 2011; Pincetl and Gearin, 2005). Le stationnement gratuit pour les voitures aux États-Unis a représenté une subvention de 127 milliards de dollars en 2002 (Shoup, 2021). Cet argent, s'il était transformé en frais de stationnement ou en taxes foncières, pourrait être réaffecté au profit de la société si le transport individuel motorisé était réduit. Dans un contexte où les rues encombrées sont devenues une ressource commune surutilisée, les actions visant à redistribuer l'utilisation de la surface (et donc du temps) peuvent améliorer l'équité sociale.

Obstacles



L'infrastructure actuelle favorise les voitures au détriment des piétons et des cyclistes, et les gens ne se mettront pas à faire du vélo ou à marcher si cela représente un risque important pour leur sécurité. Des voies séparées et un éclairage dédié font souvent défaut pour la circulation à vélo. Dans les pays en développement, les trottoirs pour les piétons et l'éclairage dédié font également souvent défaut. En revanche, de nombreuses juridictions imposent la mise en place d'infrastructures axées sur la voiture, comme l'obligation de disposer de places de stationnement au niveau du bâtiment ou du quartier. Par ailleurs, les investissements dans les infrastructures de transport en commun sont souvent effectués sans tenir compte de l'aménagement du territoire, ce qui se traduit par un manque d'infrastructures piétonnes sûres pour accéder aux stations et par le maintien de modèles d'aménagement du territoire étalés et à faible densité qui ne favorisent pas l'utilisation des transports en commun et des modes actifs de déplacement. Cela rend les alternatives aux voitures moins pratiques et plus dangereuses. Les données de l'Union européenne indiquent que les piétons et les cyclistes constituent respectivement 21 % et 8 % des décès sur la route (European Transport Safety Council [ETSC] *et al.*, 2020).

Les transports publics sont souvent trop peu attractifs en matière de fréquence, de connectivité et de qualité des véhicules (Yañez-Pagans *et al.*, 2019). De plus, par rapport aux voitures particulières, qui offrent une solution directe d'un point à un autre pour les utilisateurs, les transports publics peuvent nécessiter des changements de ligne et de



mode de transport, et sont peu compatibles avec la marche et le vélo. Les transports publics peuvent également être dangereux, en particulier pour les femmes (Martínez *et al.*, 2018). Les problèmes liés aux transports publics sont particulièrement présents en Amérique latine, où 80 % des personnes vivent dans des villes (Atlantic Council, 2014) et où les transports publics n'ont pas évolué au même rythme que l'urbanisation (Scholl *et al.*, 2021). Les carences en matière de transport public dans les communautés vivant dans les périphéries éloignées des villes et le manque d'intégration des options de transport se traduisent par de longs temps de trajet nécessitant de multiples changements, des tarifs inabordables, des niveaux d'immobilité plus élevés et une dépendance à l'égard des modes informels, tels que le transport par minibus organisé par des particuliers et souvent mal entretenu, en particulier pour les populations pauvres (Scholl *et al.*, 2015). Le fractionnement inefficace du transport urbain en différentes zones de transport constitue un autre obstacle. Si le partage des responsabilités entre les municipalités, les districts et le niveau fédéral a pour effet de retarder la prise de décision et la mise en œuvre des améliorations, il rend également plus complexe le parcours du client, qui doit par exemple acheter plusieurs billets pour un seul voyage ou payer plusieurs fois pour un voyage dans une zone car il traverse brièvement une autre zone (Blanco *et al.*, 2022).

L'utilisation de la voiture est fortement encouragée dans les politiques de transport actuelles, par exemple, par des «subventions cachées» pour le transport individuel motorisé, telles que la socialisation des coûts pour le stationnement gratuit (voir ci-dessus) et l'utilisation gratuite de la route (Mattioli *et al.*, 2020). De plus, le financement des transports publics est rare en Amérique latine et aux Caraïbes, encore plus depuis le début de la pandémie de Covid-19. Cela entraîne des retards dans l'entretien des transports et la modernisation des infrastructures, ce qui contribue en fin de compte à une moins grande attractivité des options de transport public (Blanco *et al.*, 2022).

Les réglementations du travail et les politiques existantes des employeurs sont susceptibles de défavoriser le télétravail. Par exemple, les polices d'assurance maladie peuvent ne pas couvrir les accidents à domicile, ou les employeurs peuvent insister pour que leurs employés soient physiquement présents dans certains bureaux.

Interventions du gouvernement



Pour réduire la demande en matière de transport, les gouvernements peuvent introduire des objectifs d'accessibilité dans l'aménagement du territoire à tous les niveaux du développement urbain et rural (OCDE, 2021). Les gouvernements peuvent créer des règlements de zonage et des mandats pour s'assurer que les nouveaux développements sont conçus pour permettre des itinéraires de transport courts, par exemple, en augmentant leur densité (Ribeiro *et al.*, 2019) et en s'assurant que les infrastructures de la vie quotidienne, comme les écoles, les supermarchés et les pharmacies, sont accessibles localement, idéalement à distance de marche ou de vélo (OECD 2021).



L'investissement dans l'infrastructure peut être utilisé pour favoriser les transports publics et non motorisés. Des partenariats public-privé (PPP) peuvent être établis pour partager les coûts, générer des flux de revenus ou améliorer la viabilité financière des projets d'infrastructure. Ils sont utilisés depuis des décennies en Amérique latine et dans les Caraïbes (Congressional Research Service, 2021; BID Invest, 2020). Des investissements sont nécessaires pour construire des infrastructures de transport public dédiées, telles que des voies de bus rapides et des rails pour les tramways et les systèmes de métro souterrains (Yañez-Pagans *et al.*, 2019). Parmi les options de transport public, le coût initial, le temps nécessaire à la construction de l'infrastructure et l'augmentation de la capacité sont les plus faibles pour les bus et les systèmes de bus rapides, intermédiaires pour les tramways et les plus élevés pour le métro. Les infrastructures pour le vélo et la marche doivent se concentrer sur la commodité et la sécurité. L'introduction de pistes cyclables physiquement séparées de la circulation automobile et des voitures garées (pour éviter les «accidents de portière») et d'un éclairage de la circulation adapté aux vélos est essentielle pour augmenter l'utilisation des vélos (Wegman *et al.*, 2012). Un large réseau de vélos publics facilement accessible, intégré aux systèmes de transport en commun, peut encourager les courts trajets et la pratique du vélo entre une zone résidentielle et la prochaine station de transport en commun, ce que l'on appelle généralement le *dernier kilomètre* (DeMaio, 2009). L'infrastructure doit également être améliorée pour les piétons, avec notamment la mise en place de traversées, de passerelles et d'intersections sûres (ETSC *et al.*, 2020).

Une meilleure planification et gestion des zones urbaines sont également essentielles pour soutenir les transports publics. Cela comprend la coordination de l'utilisation des terres avec l'usage du transport en commun, des stratégies de développement axées sur le transport en commun qui regroupent des utilisations mixtes des terres et des développements à plus forte densité autour des stations de transport en commun (Suzuki *et al.*, 2013; Scholl *et al.*, 2015), et le raccordement efficace par les lignes de transport public entre les centres de population et tous les centres de loisirs, de travail, d'éducation et de services de santé couramment utilisés. Les plans de mobilité urbaine durable sont un outil qui peut contribuer à soutenir cette approche de planification plus systématique et intégrée. L'amélioration de la qualité des transports publics est également essentielle, comme la fourniture de plus de véhicules pour augmenter la fréquence, la fourniture de transports publics à la demande, l'utilisation de systèmes de transport rapide par bus pour contourner les embouteillages et l'amélioration de la sécurité dans les transports publics (Axsen *et al.*, 2020).

Les mises à jour réglementaires peuvent favoriser l'attractivité des transports publics, de la marche et du vélo. Celles-ci peuvent inclure la définition de zones à émissions faibles ou nulles avec un traitement préférentiel pour les transports non motorisés ou la fixation de normes de conception pour les allées piétonnes et les pistes cyclables (Hull and O'Holleran, 2014). Les codes du bâtiment peuvent rendre obligatoires les installations d'aide à la pratique du vélo, telles que des rangements couverts et sécurisés pour les vélos dans les immeubles résidentiels, commerciaux et de bureaux, ainsi que des douches et des



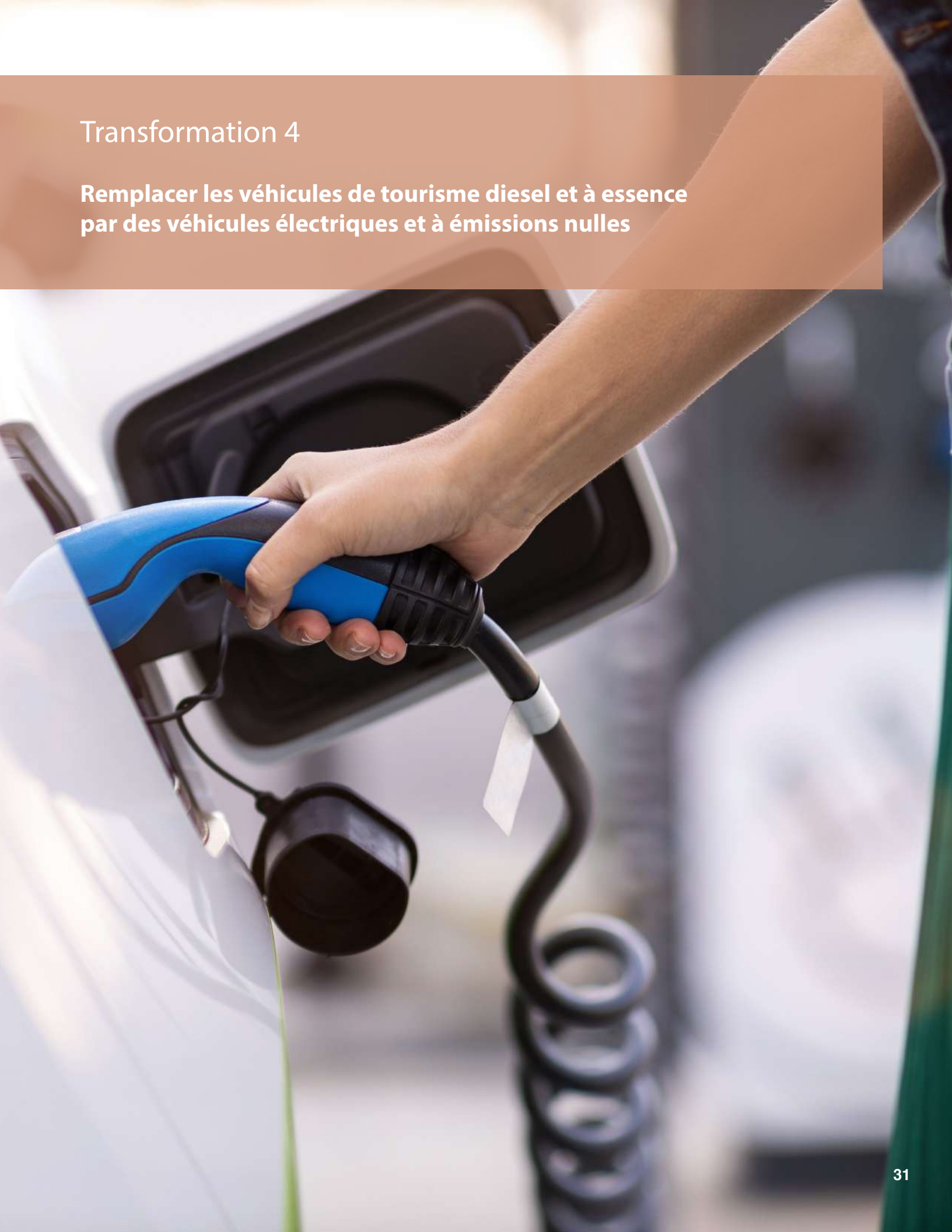
vestiaires dans les immeubles de bureaux (O'Neill *et al.*, 2020). Inversement, les mandats de stationnement des voitures peuvent être réduits ou supprimés, ou les coûts de stationnement augmentés pour créer des flux de revenus supplémentaires dirigés vers l'amélioration des transports publics. Pour garantir la pertinence pour les utilisateurs et l'acceptabilité sociale, les réglementations doivent être conçues et mises en œuvre dans le cadre d'une approche participative avec les usagers et les autres parties prenantes (Sohail *et al.*, 2006). Les zones de transport doivent être réduites au minimum pour que la gestion des transports publics reste efficace, tant pour le propriétaire public que pour les clients. La billetterie doit être simplifiée, par exemple en rendant les billets valables dans plusieurs zones au lieu d'une seule (Blanco *et al.*, 2022).

Les gouvernements peuvent créer des incitations financières pour les alternatives au transport privé. L'argent public peut subventionner le prix des billets de transport public pour tous ou pour des groupes spécifiques, créer des avantages fiscaux pour l'utilisation des transports non motorisés (Cats *et al.*, 2014) et réduire le coût d'achat des vélos de tourisme et des vélos-cargos (Martin *et al.*, 2012). À l'inverse, les péages routiers, les péages urbains et la tarification du stationnement dans les espaces publics peuvent dissuader l'utilisation de la voiture (Mattioli *et al.*, 2020). Les politiques de tarification routière peuvent aider à internaliser les coûts environnementaux du transport motorisé privé et à encourager les modes de transport à plus faible teneur en carbone tels que les transports en commun, la marche et le vélo. Toutefois, ces politiques seront plus acceptables politiquement dans le contexte d'un investissement dans des systèmes de transport en commun de haute qualité, socialement inclusifs et accessibles (Scholl *et al.*, 2014). Les programmes d'échange de voitures connus sous le nom de «cash for clunkers», la subvention de l'achat de vélos électriques ou de transports publics en échange de la mise au rebut de vieilles voitures peuvent également être utilisés (World Economic Forum, 2021). Pour financer l'entretien nécessaire et la modernisation des infrastructures, les gouvernements peuvent créer des plans à long terme définissant les besoins de financement. Ces plans peuvent être utilisés pour impliquer le secteur privé et les financements bilatéraux ou multilatéraux et attirer des fonds de ces sources. Les systèmes de transport public peuvent également introduire des systèmes de capture de la valeur foncière combinés à un TOD afin de créer un autre flux de revenus à utiliser pour les investissements essentiels (Blanco *et al.*, 2022; Patermina *et al.*, 2022).

Le télétravail peut être encouragé en créant le cadre réglementaire approprié, par exemple en redéfinissant les normes de santé au travail pour y inclure la couverture dans les bureaux à domicile, ou en imposant aux employeurs d'accorder un nombre minimum de jours de travail à domicile. Les investissements dans l'infrastructure des bureaux à domicile peuvent être subventionnés ou des avantages fiscaux offerts (Creutzig *et al.*, 2018). À l'issue de la pandémie de Covid-19, les gouvernements peuvent profiter de cette opportunité, car la recherche montre que la perturbation du comportement des voyageurs est un catalyseur idéal pour mettre en œuvre des changements fondamentaux (Williams *et al.*, 2012a).

Transformation 4

Remplacer les véhicules de tourisme diesel et à essence par des véhicules électriques et à émissions nulles



La transformation

La plupart des émissions du transport routier de passagers proviennent de la combustion d'essence ou de diesel des véhicules. L'alternative sans émission, les véhicules électriques (VE), représentaient 9 % des ventes mondiales de voitures particulières et de véhicules utilitaires légers en 2021 (IEA, 2022a), soit une augmentation de 100 % par rapport à 2020, car leurs coûts continuent de baisser et leurs réseaux de recharge se développent (BNEF, 2021). En Amérique latine, environ 100 000 voitures électriques et hybrides ont été vendues en 2021. Le remplacement des véhicules à moteur thermique par des VE permet d'éliminer tous les GES d'échappement et les émissions de polluants atmosphériques locaux, en supposant que l'électricité provient d'une production renouvelable. Cette transformation est bénéfique dans tous les pays, même ceux où la production d'électricité provient actuellement de combustibles fossiles, lorsqu'elle est associée à une politique visant à décarboner l'approvisionnement en électricité d'ici 2050 (Audoly *et al.*, 2018). Dans le scénario de développement durable de l'AIE, compatible avec zéro émission nette en 2050 pour les pays développés et 2070 pour les pays en développement, la demande d'électricité pour le transport routier en Amérique latine devrait augmenter de 44 TWh d'ici 2040, ce qui représente moins de 5 % de la croissance totale prévue de la demande d'électricité dans la région (IEA, 2021c).

Avantages



L'électrification des transports peut apporter des avantages financiers. Les moteurs électriques sont sensiblement plus simples, plus fiables et consomment beaucoup moins d'énergie que les alternatives à base de combustibles fossiles, ce qui, combiné au fait que les prix de l'électricité sont généralement inférieurs à ceux de l'essence, peut se traduire par un coût de possession moins élevé pendant leur durée de vie. Les coûts du cycle de vie des bus électriques sont déjà inférieurs à ceux des bus diesel dans certains cas. À Mexico et à Santiago, le coût total de possession des autobus électriques est respectivement inférieur de 10 % et de 20 % au coût de la technologie actuelle à base de combustibles fossiles (World Bank, 2019).

L'électrification des transports s'accompagne également d'avantages pour la santé liés à la réduction de la pollution atmosphérique locale résultant de la diminution progressive de l'utilisation des combustibles fossiles: un air plus pur réduit le risque de maladies cardio-respiratoires (IEA, 2016). En effet, le secteur des transports était responsable d'environ 11 % (385 000 personnes) de tous les décès prématurés dus à la pollution atmosphérique en 2015 à l'échelle mondiale, ce qui se traduit par 7,8 millions d'années de vie perdues (Anenberg *et al.*, 2019).

Si l'électrification est obtenue en remplaçant les voitures vieillissantes par des voitures plus récentes, des avantages supplémentaires pour la santé sont envisageables, car les voitures plus récentes sont dotées de nouvelles ou meilleures caractéristiques de sécurité, notamment l'assistance routière, les capteurs de collision, les airbags, les freins



antiblocage ou de meilleurs systèmes d'éclairage. Ces améliorations en matière de sécurité peuvent entraîner une diminution des décès allant jusqu'à 70 % et une réduction des blessures de 40 à 70 % (Ernstberger *et al.*, 2015).

Enfin, l'électrification des transports réduit la dépendance aux importations de pétrole pour les pays non extracteurs de pétrole et a des impacts positifs sur la variabilité des prix, car les prix de l'électricité, si elle provient essentiellement de la production renouvelable, sont beaucoup plus prévisibles que les prix volatils du pétrole (IEA, 2021c).

Obstacles



Il y a un manque d'infrastructures pour le ravitaillement en carburant et l'entretien des véhicules électriques, comme des stations de recharge sur les routes ou des parkings. C'est un défi particulier pour les régions comportant un pourcentage élevé de zones rurales à faible densité de population (IEA and OECD, 2019). En Amérique latine et dans les Caraïbes, le déploiement d'infrastructures de recharge semi-rapide et rapide a commencé, le nombre le plus élevé de chargeurs se trouvant au Mexique et au Brésil. Par rapport à l'Union européenne, l'Amérique du Nord ou la Chine, l'adoption d'infrastructures de recharge accuse un retard en Amérique latine et dans les Caraïbes (Quiros-Tortos *et al.*, 2019). Des estimations faites aux États-Unis indiquent que si 50 % des véhicules vendus sont entièrement électriques en 2030, le pays aura besoin d'un réseau de 1,2 million de chargeurs publics et de 28 millions de chargeurs privés, soit 20 fois la taille du réseau actuel. Cela représente un coût de 35 milliards USD (McKinsey, 2022).

Les voitures et les bus électriques ont des coûts d'investissement initiaux plus élevés, qui peuvent être difficiles à financer pour les ménages et les entreprises (Lefevre and IDB, 2021). La transition vers les VE peut réduire l'assiette fiscale des pays qui appliquent des taxes sur l'essence et le diesel (Cesar *et al.*, 2022). Les réglementations existantes sont conçues pour le transport de combustibles fossiles; par exemple, les appels d'offres gouvernementaux pour les transports publics ou les formules utilisées pour déterminer le prix des billets sont souvent basés sur des bus diesel, ce qui empêche l'autorisation des VE dans les faits (Lefevre and IDB, 2021). Les ménages et les entreprises sont souvent peu familiarisés avec la technologie électrique et manquent d'informations, par exemple, en ce qui concerne la consommation de carburant, l'autonomie maximale généralement nécessaire, la transparence des coûts sur le cycle de vie de la voiture et le confort des voitures électriques (DellaValle and Zubaryeva, 2019; Krogstrup and Oman, 2019). Dans les pays où il n'y a pas de flotte électrique actuelle, la taille du marché peut être trop petite pour que les concessionnaires automobiles envisagent d'importer des VE en l'absence de mesures pour stimuler la demande via, par exemple, le déploiement d'infrastructures de recharge ou un soutien aux investissements dans les VE. Les marchés mondiaux des voitures d'occasion, qui expédient des voitures à base de combustibles fossiles vers les pays à revenu faible ou intermédiaire, pourraient ralentir l'adoption des VE (IDDRI, 2021a). Enfin, les subventions aux combustibles fossiles dans de nombreux pays encouragent les véhicules à combustion interne (IEA, 2018; Parry *et al.*, 2021) (voir la transformation précédente).

Interventions du gouvernement



Des changements systématiques de politique sont nécessaires pour permettre cette transformation (OECD, 2021). Des infrastructures sont nécessaires pour permettre le transport électrifié. Les gouvernements peuvent planifier et construire ou acquérir des réseaux centraux de recharge (par exemple, sur les autoroutes principales), et aménager des voies et des places de stationnement pour les véhicules à émission zéro (IEA and OECD, 2019). Les exemples de l'Union européenne montrent que les gouvernements peuvent également inciter les compagnies d'énergie à construire des infrastructures de recharge, par exemple en améliorant les réseaux de stations-service existants.

La mise à jour des réglementations gouvernementales peut accélérer le déploiement des VE. Les mandats peuvent exiger qu'une part minimale des voitures vendues sur un marché défini soit à émission zéro. Cela entraîne des changements au niveau des vendeurs de voitures et incite à l'innovation tout au long de la chaîne de valeur des VE (Wesseling *et al.*, 2015). En outre, le gouvernement peut obliger le secteur public national à n'acquérir que des VE en même temps qu'il définit des objectifs clairs pour l'adoption par le secteur privé sur une période de moyen à long terme (New Climate Institute, 2020) ou qu'il fixe des échéances, comme 2030 ou 2035, pour arrêter la vente de nouvelles voitures à moteur à combustion (IDDRI, 2021b). La création d'étiquettes normalisées sur les carburants des véhicules peut améliorer la transparence et l'information des clients (European Commission *et al.*, 2021).

Les incitations financières peuvent améliorer l'attractivité des véhicules électriques. La mise à disposition d'instruments financiers adaptés, tels que des prêts à taux d'intérêt zéro, des programmes d'échange pour les voitures à essence ou diesel usagées, des remises et des exonérations fiscales, peut atténuer le coût initial plus élevé des VE. Les exemptions de péage et les avantages fiscaux sur l'assurance automobile pour les VE peuvent également réduire les coûts opérationnels (Fridstrom, 2019). Les gouvernements peuvent utiliser la planification prospective pour concevoir des mesures visant à remplacer les taxes sur l'essence et le diesel par des taxes sur l'électricité, la possession ou l'utilisation d'une voiture, de manière à ce que les recettes publiques ne soient pas affectées de manière significative par la transition vers les VE et que les ménages et les entreprises soient mieux lotis financièrement par la transition (IDB, 2021a).

La création d'avantages peut rendre la possession d'un VE plus pratique ou plus souhaitable, par exemple avec un accès prioritaire aux voies de circulation et aux zones et périodes réservées aux véhicules à émissions nulles, une tarification routière favorable aux VE ou un assouplissement des restrictions de vitesse liées à la pollution (ITF - OECD, 2021).

Transformation 5

Réorienter le transport de marchandises vers le rail, l'eau et les technologies à émissions faibles ou nulles



La transformation

Le transport routier de marchandises représente environ 7 % des émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie (Kaack *et al.*, 2018). Selon les tendances actuelles, ces émissions pourraient augmenter de 22 % d'ici 2050 (ITF, 2021). Dans des villes comme Bogotá, le transport de marchandises est la plus grande source d'émissions du secteur des transports. Les camions et les trains peuvent adopter des technologies à émission zéro, telles que des véhicules à batteries électriques ou à pile à combustible à hydrogène, en fonction de la disponibilité de l'infrastructure et de la compatibilité avec la longueur typique du voyage. La navigation sur l'eau peut utiliser des batteries pour les courtes distances (par exemple, les bateaux fluviaux et les ferries), tandis que les navires à plus longue distance devraient utiliser l'ammoniac, le méthanol ou l'hydrogène pour remplacer le diesel (Davis *et al.*, 2018).

Avantages



L'électrification peut réduire les coûts de transport en raison d'une maintenance moindre, par exemple, grâce à des transmissions moins complexes, et de coûts énergétiques plus faibles par rapport aux alternatives fossiles (Hall *et al.*, 2018). Les flottes de fret alimentées à l'électricité ou à l'hydrogène, en particulier les flottes urbaines en raison de leur proximité avec les gens, peuvent également contribuer à l'amélioration de la santé, tant par la réduction des émissions liées à la combustion que par la réduction des particules issues des garnitures de frein (voir Transformation 3). La diminution du transport routier de marchandises réduit les investissements nécessaires à l'entretien des infrastructures routières et diminue les accidents et le trafic sur les infrastructures existantes.

Une évolution à long terme vers des trains de marchandises électriques multimodaux pour le fret à longue distance et des camions à batterie pour le transport à courte et moyenne distance pourrait être moins coûteuse et plus efficace pour les pays qui développent encore leurs réseaux de transport de marchandises. L'AIE (2021) indique que les camions à batterie peuvent être compétitifs dans les zones urbaines dotées d'une infrastructure de recharge pendant la nuit, et qu'ils pourraient être associés à des trains électriques pour le transport multimodal sur de très longues distances.

Obstacles



Les infrastructures nécessaires à l'exploitation du fret routier à émissions zéro, telles que les réseaux de recharge à haute capacité et de ravitaillement en hydrogène, ne sont pas encore suffisamment développées (Road Freight Zero *et al.*, 2021). Les infrastructures existantes favorisent souvent les routes par rapport au rail et à l'eau, et les investissements dans les infrastructures de transport intérieur sont fortement axés sur les infrastructures



routières, avec 59 % du total des investissements, suivies par le rail (30 %), l'air (7 %) et la mer (4 %) (OECD, 2020). Pour le transport ferroviaire et maritime, le manque de systèmes et de services de chargement rapides et efficaces, ainsi que l'absence de connexion avec les centres d'affaires locaux et régionaux, constituent un autre obstacle.

Les réglementations sur le transport favorisent souvent le fret basé sur les combustibles fossiles (ITF, 2020): par exemple, en s'appuyant sur des normes de sécurité ciblées sur les technologies des combustibles fossiles qui ne sont pas pertinentes pour le transport électrifié, comme la conformité à la sécurité des carburants. Un autre exemple est celui des normes de GES peu ambitieuses ou allégées. Aux États-Unis, le remplacement des normes sur les GES de l'administration Obama par des normes beaucoup moins ambitieuses en 2020 a entraîné une réduction importante des exigences en matière d'efficacité énergétique (Leard, 2021).

Les technologies existantes à faible émission de carbone offrent une autonomie limitée pour un coût initial élevé. En raison de l'insuffisance de la capacité des batteries, de l'infrastructure autour de l'hydrogène et de l'offre de véhicules de transport à émission zéro, le transport de marchandises à longue distance, en particulier le transport routier, constitue un défi permanent pour les efforts immédiats de décarbonation (ITF - OECD, 2021). En outre, les entreprises de logistique sont peu incitées à moderniser leur flotte si les réglementations sur les émissions des camions ne sont pas introduites ou appliquées (ou pas complètement), ce qui est le cas en Amérique latine et dans les Caraïbes.

Interventions du gouvernement



L'amélioration des infrastructures routières, et plus particulièrement des réseaux de recharge et de ravitaillement, peut permettre le transport multimodal de marchandises à l'électricité et à l'hydrogène (ICCT *et al.*, 2017). Investir dans le transport ferroviaire et fluvial, en particulier dans les connexions intermodales pour permettre les transferts intermodaux, et dans les infrastructures de chargement rapide, et relier le transport ferroviaire et fluvial aux centres d'affaires industriels régionaux peut permettre de développer le réseau et une meilleure facilité d'utilisation, augmentant ainsi l'attrait des alternatives au fret routier (Kaack *et al.*, 2018). L'électrification des ports et des infrastructures ferroviaires est une autre étape nécessaire vers un fret décarboné (ITF-OECD, 2018). Dans les zones urbaines, l'amélioration des transports publics déjà existants peut aider à transporter des marchandises, comme cela a été fait à Saint-Étienne, en France, où des tramways ont été équipés pour livrer des colis à la place de voitures sur les derniers kilomètres du trajet (TDA, 2018).

Les modifications réglementaires qui soutiennent également la formalisation du secteur de la logistique peuvent aider à mettre en place un fret à émission zéro. Les options possibles incluent des normes de carburants à faible teneur en carbone, des mandats de véhicules à émission zéro et des objectifs d'adoption pour le transport public et privé de



marchandises, ainsi que des calendriers coordonnés du retrait progressif des nouveaux camions à carburants fossiles (Road Freight Zero *et al.*, 2021). Les normes techniques et de sécurité doivent être mises à jour, comme par exemple les protocoles de ravitaillement et les buses de ravitaillement normalisées pour l'hydrogène ou les normes de propagation et de fuite d'électrolyte pour les batteries (ITF - OECD, 2021). On peut également envisager de rendre plus écologiques les marchés publics de véhicules de transport de marchandises (Testa *et al.*, 2016). Les réglementations qui encouragent les chaînes d'approvisionnement régionales (par exemple, dans la production alimentaire) peuvent avoir un impact positif sur l'adoption des technologies électriques à autonomie limitée grâce à des distances de transport plus courtes (Inkinen and Hämäläinen, 2020).

Les incitations financières peuvent rendre les technologies sans carbone plus attrayantes. Les options comprennent l'amortissement accéléré et les avantages fiscaux ou les subventions pour les véhicules lourds de transport de marchandises à émissions faibles ou nulles (New Climate Institute, 2020).

Des mesures peuvent être prises pour accélérer l'adoption de technologies innovantes à faible taux d'émissions. Cela comprend la création de stratégies nationales ou régionales de transport de marchandises, les marchés publics de technologies innovantes et l'évaluation du degré de maturité des régions pour l'adoption de technologies (par exemple, déterminer si les systèmes de chargement sont en place pour permettre le transport électrifié) (ITF - OECD, 2021). En outre, le lancement de projets pilotes régionaux pour le transport sans carbone en collaboration avec le secteur privé et le monde universitaire, comme dans le cas d'un projet visant à tester la recharge à haute performance dans le trafic de camions sur de longues distances en Allemagne (German Association of the Automotive Industry, 2021), peut accélérer l'adoption de la technologie.



Agriculture, forêts et usage des sols

L'agriculture, la forêt et l'utilisation des terres sont responsables de 21 % des émissions mondiales de GES (Lamb *et al.*, 2021). Ces émissions sont principalement constituées de CO₂ provenant de la déforestation induite par l'utilisation de terres pour la production alimentaire, de CH₄ provenant de l'élevage de ruminants (principalement le bœuf utilisé pour la viande et les produits laitiers) et de la production de riz, et d'émissions de N₂O provenant des engrais (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017a). La déforestation elle-même est principalement causée par la consommation de viande bovine, puisque 77 % des terres arables dans le monde sont utilisées directement pour le pâturage des bovins ou indirectement pour la production de soja et d'autres aliments pour bovins (FAOSTAT, 2022). La demande d'aliments en général et des produits animaux en particulier devrait augmenter de plus de 50 % et 70 %, respectivement, d'ici 2050 sous l'effet de la croissance de la population et des revenus dans le monde (Tilman and Clark, 2014). Cela entraînera à son tour une augmentation significative des émissions directes, de la déforestation et de la perte de biodiversité si aucune action transformationnelle n'est adoptée (Searchinger *et al.*, 2019).

En Amérique latine et dans les Caraïbes, l'agriculture, la forêt et les changements d'usage des terres (principalement la déforestation) représentaient 46 % de toutes les émissions de GES en 2018 (WRI, 2021). Près d'un quart de la superficie terrestre de la région est considérée comme une zone protégée (UICN, 2021). Cependant, la couverture forestière a diminué de 53 % à 46 % de sa superficie entre 1990 et 2020, ce qui équivaut à une destruction de 138 millions d'hectares, équivalente à la moitié de la superficie de l'Argentine. Le plus grand déclin relatif de la couverture, soit environ 25 à 30 %, a été observé au Paraguay, au Guatemala et au Nicaragua (CEPALC, 2021). Entre 2013 et 2019, 77 % de la perte de forêts était due à l'agriculture commerciale, dont 25 % étaient destinés à l'exportation et 75 % à la demande intérieure de la région (Dummett, Cassie *et al.* 2021, pg. 24). Plus de 80 % de la déforestation dans la région était certainement illégale au cours de cette période (*ibid.*).



La protection des puits de carbone, tels que les forêts et les zones humides, signifie également la protection des droits des populations et des groupes autochtones de la région, qui occupent environ 35 à 40 % de ses forêts et dont les territoires représentent 14 % du carbone stocké dans les forêts tropicales au niveau mondial (FAO and FILAC, 2021). En outre, les émissions nettes de N_2O et de CH_4 par habitant provenant de l'agriculture, bien que variables, sont en moyenne deux fois plus importantes que les chiffres mondiaux, et les changements d'affectation des terres (principalement la déforestation pour l'agriculture ou la croissance des forêts) représentent, dans beaucoup de pays, plus de la moitié des inventaires nationaux et plus importants que la moyenne mondiale (Bataille *et al.*, 2020). Une partie de l'impact que l'alimentation a sur les émissions est liée aux pertes et aux déchets alimentaires, qui sont couverts par la Transformation 15. Enfin, on peut noter que le secteur agricole en Amérique latine et dans les Caraïbes fait référence aussi bien aux petits agriculteurs qu'aux grandes entreprises agroalimentaires, ce qui exige que les solutions sur mesure incluent les deux types d'agriculture.

Transformation 6

**Promouvoir des pratiques agricoles
qui réduisent les émissions de méthane et d'oxyde nitreux**



La transformation

Le méthane provenant de la digestion anaérobie (par exemple, les rizières humides) et de la rumination (par exemple, les vaches) et les émissions d'oxyde nitreux provenant de la décomposition des engrais sont responsables de 60 % des émissions directes de l'agriculture, soit environ 10 % des émissions mondiales de GES (Searchinger *et al.*, 2019). Il existe des techniques pour réduire ces émissions, comme l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des engrais, l'agriculture adaptée aux conditions climatiques et la modification de l'alimentation des ruminants, mais elles doivent être apprises et mises en oeuvre, et des incitations sont nécessaires pour leur déploiement (ibid).

Avantages



L'utilisation plus efficace des engrais pour réduire leur utilisation totale sans réduire les rendements présente plusieurs avantages. Elle réduit les coûts des agriculteurs et potentiellement le besoin d'importer des composants d'engrais. Elle diminue la pollution locale des sols, ainsi que la pollution de l'eau et l'eutrophisation des sources d'eau au point de culture et en aval (United Nations Environment Programme [UNEP], 2021a). En améliorant la productivité agricole, les besoins en engrais, en irrigation et en terres peuvent être réduits, permettant de limiter la déforestation et assurant des impacts positifs sur la biodiversité (Mohammad and Adam, 2010; Khaleghi, 2017) et l'absorption du carbone. Le renforcement des capacités des agriculteurs peut améliorer les connaissances agricoles et rendre les agriculteurs plus résilients face aux impacts du changement climatique, tels que les sécheresses.

Obstacles



Les agriculteurs ont souvent recours à des pratiques agricoles dépassées (Piñeiro *et al.*, 2020). De nombreux agriculteurs fonctionnent selon un mode de subsistance ou de faible productivité, il importe donc de renforcer les capacités et les informations pour améliorer les pratiques agricoles (UNEP, 2021a).

Les régimes de subventions traditionnels, axés sur l'augmentation de la production et de la compétitivité, peuvent inciter à la surproduction et à la surutilisation d'intrants, notamment d'engrais (FAO *et al.*, 2021). Les gouvernements du monde entier dépensent près de 540 milliards de dollars par an pour soutenir les producteurs agricoles, principalement sous forme de subventions. Le soutien du gouvernement est efficace pour améliorer le revenu des agriculteurs et réduire la pauvreté rurale, mais 87 % de ce soutien est inefficace et inéquitable, créant de surcroît des risques sanitaires liés, d'une part, à l'impact de l'agriculture sur l'environnement et, d'autre part, à l'impact des régimes alimentaires malsains sur la santé privée (FAO *et al.*, 2021).

Interventions du gouvernement



Les gouvernements peuvent utiliser des programmes de renforcement des capacités agricoles pour améliorer l'information et les capacités des agriculteurs concernant les pratiques agricoles à faibles émissions de GES (Piñeiro *et al.*, 2020). Ils devraient également aborder les techniques d'utilisation de la matière organique pour remplacer les engrais de synthèse et fournir aux agriculteurs une expertise en matière d'agriculture adaptée au climat et de gestion intégrée des questions écologiques, sociales et économiques. Pour cela, il s'agira dans la plupart des cas de donner accès aux agriculteurs à des formations sur les techniques agricoles hybrides et les animaux, ainsi qu'à d'autres types de terres et de cultures via des programmes d'éducation (UNEP, 2021a).

Les réglementations peuvent favoriser l'adoption de pratiques agricoles à faibles émissions de GES, imposer des normes de qualité des sols et contribuer à fournir des objectifs et des feuilles de route pour la réduction de l'utilisation des engrais (UNEP, 2021a). Les mandats peuvent établir des exigences en matière d'infrastructure (par exemple, installer des équipements pour capter et détruire le méthane dans les étables). La réglementation peut également favoriser les cycles de rotation pour une utilisation plus équilibrée de la capacité de production des sols (FAO, 2017b).

Les gouvernements peuvent utiliser des incitations financières pour promouvoir des pratiques agricoles à faibles émissions de GES. Les politiques qui incluent des avantages financiers pour les agriculteurs enregistrent des résultats meilleurs en termes de taux d'adoption que les politiques qui se concentrent uniquement sur les améliorations environnementales (Piñeiro *et al.*, 2020). Le gouvernement peut subventionner des technologies telles que les filtres à méthane, les installations de stockage et de refroidissement et les machines agricoles. En outre, il peut intégrer des subventions ou des avantages fiscaux pour encourager une agriculture respectueuse de l'environnement, par exemple en incluant la production décentralisée d'électricité à la ferme grâce au méthane capté. Les gouvernements peuvent également soutenir la recherche et l'innovation (par exemple, via des subventions à la recherche) afin de promouvoir les technologies et les bonnes pratiques agricoles pertinentes et efficaces au niveau local. Enfin, les subventions pour les engrais synthétiques à base de combustibles fossiles peuvent être progressivement réduites et finalement abandonnées, tandis que les engrais fabriqués à l'aide d'hydrogène vert et de chaleur à faibles émissions peuvent être encouragés (Transformation 13); mais cela exige de tenir compte des impacts sociaux et économiques et d'inclure la possibilité de mécanismes de compensation.

Transformation 7

Poursuivre la conservation et la restauration des forêts et autres écosystèmes à forte teneur en carbone et la réhabilitation des terres agricoles

La transformation

Les efforts de conservation préservent les puits de carbone naturels, et la restauration crée un stockage de carbone supplémentaire. Les forêts anciennes et d'âge moyen constituent des puits de carbone importants et des habitats clés pour la préservation de la biodiversité (FAO and UNEP, 2020). Entre 1850 et 2019, les puits de carbone ont réabsorbé environ 60 % des émissions humaines. Environ la moitié de cette quantité peut être attribuée aux forêts et aux terres, tandis que l'autre moitié est absorbée par les océans (IPCC, 2021). Les solutions dites «fondées sur la nature» peuvent contribuer à réduire les émissions de 5 à 12 GtCO₂eq d'ici 2030 par la protection, la restauration et les pratiques de gestion durable. Sur ce potentiel d'atténuation, environ 60 % sont attribués aux forêts, un quart aux prairies et aux terres cultivées, un dixième aux tourbières et le reste aux zones côtières et maritimes (UNEP and IUCN, 2021).

En analysant les CDN des pays, les puits de carbone créés par la conservation et la restauration des forêts et la restauration des terres agricoles sont censés contribuer à environ 25 % de la réduction totale des émissions en volume (Grassi et al., 2017).

Avantages



Les forêts comme l'Amazonie sont essentielles à la préservation de la biodiversité et jouent un rôle central dans le maintien d'écosystèmes fonctionnels dont dépendent au final la plupart des activités économiques (IPBES, 2019). En évitant que l'Amazonie n'atteigne un point de non-retour (par rapport au cycle hydrologique naturel étant donné sa taille), on sauvegarderait 184,1 milliards USD de PIB pour le Brésil quand on tient compte des services écosystémiques en termes de stockage du carbone, de limitation de l'érosion, d'approvisionnement en eau et de purification de l'eau (Banerjee *et al.*, 2021). La valeur économique des forêts à l'échelle mondiale est estimée à 50-150 mille milliards USD (BCG, 2020). La conservation des forêts procure de nombreux bénéfices pour les écosystèmes, notamment la modération de la température locale, l'absorption des précipitations et la maîtrise des inondations lors d'événements météorologiques importants, ainsi que la prévention du ruissellement inévitable des sols (Costanza *et al.*, 2014). Les études sur le ruissellement des sols montrent que dans les zones déboisées, le ruissellement était environ 60 à 100 % plus élevé que dans des zones comparables avec une couverture forestière (Mohammad and Adam, 2010; Khaleghi, 2017). La réduction du ruissellement des sols contribue également à la préservation de la qualité de l'eau, elle contribue à la stabilisation des climats régionaux, comme dans la région amazonienne, et affecte la productivité, en particulier dans le secteur agricole (IUCN, 2021b). Cette transformation est également essentielle au maintien et à l'augmentation des habitats qui soutiennent la conservation de la biodiversité (FAO and UNEP, 2020). La gestion active des zones protégées et les incitations aux utilisations multiples des forêts peuvent également générer des revenus importants de subsistance pour les communautés autochtones, qui gèrent actuellement environ 28 % des terres utilisées à l'échelle mondiale (Garnett *et al.*, 2018).

Obstacles



L'expansion agricole causée par l'augmentation de la demande de nourriture est la principale cause de déforestation, surtout lorsque la demande est satisfaite par des aliments qui nécessitent une grande surface par unité de calorie ou de protéine produite. En Amérique latine et aux Caraïbes, environ 80 % de la déforestation des forêts tropicales est liée à l'expansion de l'agriculture (FAO and UNEP, 2020; Dummett, Cassie, *et al.*, 2021). Cet obstacle est abordé plus en détail dans la section Transformation 8 ci-dessous.

Les terres forestières et les autres écosystèmes à forte teneur en carbone ne sont souvent pas protégés de manière adéquate, ce qui conduit à des abus en termes de déforestation pour le pâturage ou à d'autres fins agricoles qui restent souvent non pénalisés. L'accaparement des terres et la spéculation sont un des principaux moteurs de la déforestation, et portent souvent préjudice aux populations autochtones qui ont les droits légaux de gestion sur environ 35 à 40 % des forêts. Le déplacement du bétail vers des terres accaparées et l'installation de clôtures est une façon fréquemment observée de revendiquer des titres fonciers dans des zones où aucun titre foncier officiel n'avait été établi auparavant (Dummett, Cassie, *et al.*, 2021). Lorsque les forêts sont protégées, l'application de la loi est souvent insuffisamment financée (Rochedo *et al.*, 2018). L'absence ou l'insuffisance de la gestion et de l'application des titres fonciers constitue un défi supplémentaire (FAO et PNUE, 2020).

Les gouvernements ont souvent un accès limité aux informations sur la déforestation, ce qui entrave leur capacité à appliquer efficacement la prévention de la déforestation (Dummett, Cassie, *et al.*, 2021). En outre, les informations asymétriques sur les avantages monétaires des zones forestières ralentissent les efforts de protection. Par exemple, les gouvernements ont souvent des capacités limitées pour évaluer le bénéfice économique des écosystèmes, alors que les acteurs à la recherche de profits valorisent les zones déboisées de façon plus claire, en fonction du bois vendu et des pratiques agricoles maximisant les profits.

De nombreuses régions souffrent d'une capacité limitée de gestion des incendies. À l'échelle mondiale, plus de 100 millions d'hectares d'arbres (0,2 % des 44 milliards d'hectares actuellement couverts d'arbres) sont touchés chaque année par des incendies de forêt, dont plus des deux tiers en Amérique du Sud et en Afrique (FAO and UNEP, 2020). En Amérique latine et aux Caraïbes, en moyenne 0,36 GtCO₂ ont été émis par les incendies entre 1997 et 2016, dont plus de 90 % ont été attribués aux feux de forêt (Van Der Werf *et al.*, 2017).

Interventions du gouvernement



Le gouvernement peut mettre à jour les réglementations sur les terres agricoles en mettant davantage l'accent sur la conservation afin de minimiser l'expansion agricole et l'agriculture itinérante sur brûlis. De même, la réglementation peut décourager la déforestation pour de nouvelles terres agricoles ou de pâturage (par exemple, par le biais d'un paiement ou d'une taxation pour la déforestation, de son interdiction pure et simple



ou d'une pénalisation plus forte de la déforestation non autorisée). Le paiement des services environnementaux et écosystémiques, s'il est conçu de façon adéquate, peut décourager la déforestation et créer d'autres sources de revenus durables pour les communautés locales (Alpizar *et al.*, 2020), mais il peut être difficile à financer.

L'application de la loi doit être renforcée (FAO and UNEP, 2020). Selon le contexte local et les détails de la mise en œuvre, l'octroi de titres fonciers à des individus ou à des communautés a donné des résultats mitigés (Blackman *et al.*, 2017). La gestion et l'application des titres fonciers doivent être adaptées aux conditions locales, notamment dans les endroits où les communautés indigènes et de subsistance qui utilisent les forêts pour leurs revenus ne disposent pas de titres officiels. Au Costa Rica, par exemple, les propriétaires fonciers dépourvus de titres officiels peuvent fournir d'autres types de preuves ou utiliser des paiements anticipés fondés sur le rendement futur de leurs terres pour entamer le processus d'obtention de titres fonciers officiels (FAO et PNUE, 2020). En outre, des systèmes de certification peuvent être mis en place pour formaliser la protection des forêts. Les gouvernements peuvent également améliorer le financement des zones protégées existantes, les étendre ou en créer de nouvelles, en diminuant essentiellement les activités agricoles et extractives dans ces zones (PNUE-WCMC et UICN, 2020).

Le renforcement des capacités des agriculteurs peut se concentrer sur l'amélioration du rendement ou sur l'augmentation et l'adoption de pratiques de gestion des risques d'incendie (FAO, 2009). Les gouvernements peuvent également soutenir la création de capacités pour coordonner et aligner les pratiques agricoles, la gestion intégrée des ressources en eau (par exemple, en se concentrant sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau), et la protection et la restauration des écosystèmes (UNEP, 2021b).

Les politiques doivent être fondées sur un système de mesure, d'analyse et de vérification opérationnel. Les gouvernements peuvent augmenter leur capacité de surveillance et de gestion des forêts et des zones de conservation afin d'améliorer la détection des changements d'utilisation des terres et des incendies illégaux. Les technologies telles que les drones et les logiciels de gestion du capital naturel peuvent réduire considérablement les coûts de la surveillance et du suivi (FAO, 2018). La prévention et la gestion des incendies doivent être introduites et dotées de ressources adéquates, y compris dans le secteur privé (FAO and UNEP, 2020). Idéalement, les communautés locales peuvent être financées et récompensées pour la gestion des incendies. Par exemple, la collecte de biomasse peut à la fois réduire les risques d'incendie et fournir du combustible aux communautés locales.

Transformation 8

Adopter des régimes alimentaires sains
qui réduisent l'empreinte carbone des aliments



La transformation

La production de viande et de produits laitiers est le principal facteur d'émission de GES dans la production alimentaire. Par exemple, alors que la production de maïs et le blé émet moins de 30 kgCO₂e par kg de protéines, la consommation de bœuf émet 1 250 kgCO₂e, le lait de vache 260 kgCO₂e, le porc 150 kgCO₂e et la volaille 110 kgCO₂e (Searchinger *et al.*, 2018). La viande bovine et les produits laitiers sont les principaux contributeurs à la déforestation mondiale, car ils utilisent 77 % des terres arables dans le monde (Searchinger *et al.*, 2018c). Par exemple, la consommation de bœuf aux États-Unis, bien que ne représentant que 3 % de l'apport calorique, représente environ 50 % de l'utilisation des terres et des émissions liées à l'alimentation (Searchinger *et al.*, 2019).

En Amérique latine et dans les Caraïbes, les régimes alimentaires sont très hétérogènes. La région abrite les pays dont la consommation de bœuf par habitant est la plus élevée au monde, soit trois fois plus que les moyennes européennes et 50 % de plus que les moyennes nord-américaines, ainsi que des pays où la pauvreté se traduit par une insécurité alimentaire et des niveaux trop faibles d'apport en protéines animales (Dumas and Vogt-Schilb, 2022; IDB, 2019). En moyenne dans la région, la consommation de bœuf est responsable de 55 % des émissions de l'agriculture et de 60 % des émissions liées au changement d'affectation des terres, tout en ne contribuant qu'à 4 % de l'apport calorique et à 12 % de l'apport protéique (ibid). Dans le même temps, la prévalence de l'insécurité alimentaire dans la région est très élevée, à plus de 75 % (Benites-Zapata *et al.*, 2021).

L'objectif de cette transformation est d'améliorer les résultats en matière de santé en promouvant des régimes alimentaires qui sont à la fois nutritifs et ont un faible impact en termes d'émissions de GES et de changement d'usage des sols. Par exemple, le remplacement de 50 % de la consommation de viande par d'autres aliments à l'échelle mondiale pourrait réduire de 30 % les émissions de GES liées à la production et au changement d'usage des sols, tout en maintenant ou en améliorant les résultats nutritionnels. Le passage à un régime sans viande de bœuf ni produits laitiers (tout en continuant à consommer de la volaille et du porc et en maintenant l'apport total en nutriments) réduit la pression exercée sur la déforestation de 66 % par rapport au niveau actuel (Searchinger *et al.*, 2018), et peut réduire davantage l'utilisation de l'eau diminuant ainsi le risque de pénurie d'eau, étant donné que la production de produits d'origine animale représente environ 25 % de l'utilisation mondiale d'eau douce (Gerbens-Leenes *et al.*, 2013).

Avantages



Les régimes à faible teneur en viande ou à base de plantes peuvent améliorer la santé en réduisant l'obésité et les maladies graves, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer colorectal et le diabète de type 2 (Battaglia Richi *et al.*, 2015). Par exemple, un régime végétarien réduit de 40 % le risque relatif de contracter le diabète de type 2 par rapport à un régime omnivore dans les pays occidentaux développés (Tilman and Clark, 2014).



Les dépenses fiscales du système de santé peuvent ainsi être influencées positivement par ce développement. Ceci est particulièrement pertinent en Amérique latine et dans les Caraïbes, où la population n'a pas actuellement une alimentation saine, avec notamment des carences en fruits, légumes, fibres et céréales complètes et des excès de viandes rouges et transformées (IDB, 2019).

Les régimes à base de plantes réduisent les besoins en eau de l'agriculture, protégeant ainsi les niveaux d'eau naturels et réduisant les risques de pénurie d'eau dans les zones sèches. La production de viande bovine nécessite beaucoup plus d'eau, avec 15 000 litres/kg de viande contre 5 874 litres/kg de lentilles ou 287 litres/kg de pommes de terre (Mekonnen and Gerbens-Leenes, 2020). Limiter les régimes alimentaires mondiaux à un apport de 25 % de protéines animales permettrait de réduire la consommation d'eau de 11 à 18 % d'eau (Jalava *et al.*, 2016).

Les régimes à base de plantes réduisent la demande de viande et contribuent ainsi à réduire la nécessité de l'élevage industriel des animaux, qui est parfois considéré comme contraire à l'éthique et inhumain (European Commission, 2021).

Obstacles



Les subventions agricoles encouragent la production de viande et de produits laitiers. En 2013, les pays de l'OCDE ont dépensé à eux seuls 53 milliards de dollars en subventions à l'élevage et la Chine 22 milliards de dollars en subventions au porc (Froggatt *et al.*, 2014). Le soutien financier mondial total aux producteurs agricoles s'élève à 540 milliards de dollars, le bœuf et les produits laitiers étant les produits les plus subventionnés, avec le riz (FAO, PNUD et PNUE, 2021).

Le manque d'information (par exemple, par le biais de l'étiquetage des aliments) oriente les décisions des consommateurs vers la viande et les produits laitiers (Shangguan *et al.*, 2019), car ils ne sont souvent pas conscients des détails nutritionnels et des effets sur la santé des différents régimes alimentaires (IDB, 2019).

Les produits animaux sont fortement ancrés dans la culture de beaucoup de populations, dans l'alimentation et la cuisine locales et régionales (Bryant, 2020), ce qui crée un blocage difficile à changer en faveur d'une consommation de produits végétaux.

Interventions du gouvernement



Les importantes sommes d'argent consacrées aux subventions agricoles doivent être évaluées et leurs objectifs redéfinies. Les gouvernements doivent s'assurer que les flux financiers actuels sont rendus transparents. Sur la base de cette information, il est possible de définir des éléments stratégiques au sein de la chaîne de valeur agricole pour



contribuer à la production d'aliments à plus faible empreinte, notamment via l'innovation dans les régimes à base de plantes et la promotion de régimes axés sur les légumes ou sur les viandes animales aux émissions de GES moins élevées (FAO, PNUD et PNUE, 2021).

Les gouvernements peuvent faire appel à des campagnes d'information et à des réglementations, guidées par les sciences du comportement et l'économie, pour promouvoir activement le passage à des régimes alimentaires plus sains et moins carbonés. Ces efforts de promotion doivent mettre l'accent sur la sensibilisation des consommateurs. La consommation alimentaire doit être replacée dans un contexte plus large, lié aux impacts qu'elle a sur notre vie quotidienne (c'est-à-dire sur le plan économique, social et écologique). Des campagnes d'information (par exemple dans les supermarchés) pourraient aider à sensibiliser le public à cette question. Cela comprend l'étiquetage intuitif des aliments (par exemple, en utilisant un code de couleurs) pour la valeur nutritionnelle et l'impact environnemental (par exemple, les émissions de GES) (Shangguan *et al.*, 2019).

Les réglementations peuvent contribuer à faire évoluer les normes sociales et à normaliser les régimes à base de plantes ou à faible teneur en viande. Cela peut se faire en réduisant l'acquisition d'aliments à l'empreinte la plus élevée dans les maternelles et les écoles publiques ou en concevant des repas végétariens, voire en planifiant des journées végétariennes, dans les cafétérias des bureaux (Searchinger *et al.*, 2019). Augmenter le niveau de connaissance sur l'utilisation et de la cuisson des légumes (par exemple, par une large diffusion des cours de cuisine dans les écoles) contribue également à cet objectif (Fresán *et al.*, 2020).

Les incitations financières peuvent contribuer à modifier les régimes alimentaires. Les gouvernements peuvent envisager d'augmenter les taxes à la consommation sur les produits alimentaires à forte empreinte carbone ou de mettre en place des redevances ou des taxes spécifiques au niveau du producteur, tout en réduisant les taxes sur les aliments plus sains et à faible taux de GES (Searchinger *et al.*, 2019). Toutefois, les modifications des prix à la consommation sont difficiles sur le plan politique, comme l'expérience des subventions aux combustibles fossiles l'a démontré à maintes reprises (Parry *et al.*, 2021). Il est donc essentiel de concevoir très soigneusement les politiques qui affectent le prix des denrées alimentaires en s'assurant que les consommateurs comprennent la réforme et l'acceptent, et que les acteurs les plus touchés soient indemnisés (Vogt-Schilb *et al.*, 2019). Plus généralement, les gouvernements peuvent évaluer l'impact que les politiques de soutien ont sur les différents aliments, et concevoir les régimes de soutien gouvernementaux de manière à ce qu'ils favorisent la production d'articles compatibles avec des régimes alimentaires sains et ayant un faible impact sur les émissions.



Bâtiments

À l'échelle mondiale, les émissions directes des bâtiments, sans tenir compte des émissions indirectes dues à la production d'électricité et de chaleur, représentent 6 % des émissions de GES (Lamb, 2021). Les émissions indirectes provenant de la production d'électricité et de chaleur hors site portent les émissions des bâtiments à 17 % des émissions totales de GES (ibid). En Amérique latine et dans les Caraïbes, les bâtiments représentent 5 à 15 % des émissions directes de CO₂ (c'est-à-dire pour le chauffage des locaux et la cuisine) et la moitié de l'électricité utilisée (Bataille *et al.*, 2020; IEA, 2020a). Dans la région, les émissions de combustibles fossiles dans les bâtiments augmentent avec la transition en cours des énergies traditionnelles vers les combustibles commerciaux, nonobstant les avantages substantiels pour la santé de l'air intérieur découlant de l'abandon des biocarburants traditionnels. La quantité d'émissions incorporées dans les matériaux de construction tels que l'acier et le ciment est équivalente aux émissions de combustion directe (Röck *et al.*, 2020; IEA, 2019a), qui sont abordées dans la Transformation 13 ci-dessous.

Les investissements supplémentaires requis à l'échelle mondiale pour moderniser les bâtiments existants et créer de nouveaux bâtiments compatibles avec le maintien de l'augmentation de température sous les deux degrés sont estimés à 12 000 milliards USD d'ici 2050. Toutefois, ces coûts seront plus que compensés par les économies de carburant. Pour l'Amérique latine et les Caraïbes, on estime que les économies de carburant dépasseront les investissements de 90 milliards USD d'ici 2050 (IEA, 2013b).

Tous les bâtiments peuvent être considérés comme des systèmes intégrés, avec une structure, une enveloppe et des composants d'énergie et d'eau conçus pour fournir un niveau donné de chauffage, de refroidissement, de distribution d'eau et d'électricité aux occupants (IEA, 2013a). Les systèmes transformationnels et les rénovations de l'enveloppe sont possibles en général mais souvent coûteux, et il peut parfois être plus économique de reconstruire le bâtiment autour de nouveaux objectifs de faibles émissions tout en améliorant le bien-être des habitants. Toutes les interventions visant à réduire les GES doivent prendre cet arbitrage en compte comme point de départ.

En explorant les transformations 9, 10 et 11, il convient également de tenir compte du volet demande de la question. L'augmentation des revenus peut entraîner une demande de logements plus grands induisant de l'étalement urbain, lequel a peut-être connu sa dynamique la plus notable en Amérique du Nord. L'électrification complète de tous les transports nouveaux et modernisés et des bâtiments à haute efficacité peuvent compenser les GES, mais la consommation d'énergie augmentera et son approvisionnement devra être assuré. Si les GES ne sont pas entièrement réduits pour les nouveaux bâtiments, par exemple avec une réglementation à zéro carbone net d'ici 2030, comme le suggère l'AIE (2021d), le résultat peut se traduire par une moindre réduction nette des GES que ce que l'on pourrait espérer des interventions sur l'offre.

Transformation 9

Atteindre la plus grande efficacité énergétique possible pour l'enveloppe des bâtiments et les appareils



La transformation

L'amélioration de l'efficacité énergétique dans tous les bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels réduit directement la quantité d'énergie de tous les usages et a historiquement réduit les émissions d'au moins 2 % chaque année pendant plusieurs décennies à l'échelle mondiale (IEA, 2020c). L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments est essentielle pour atteindre les objectifs climatiques à l'échelle mondiale car elle permet de limiter la production nécessaire d'électricité propre pour soutenir l'électrification (IEA, 2021d; IRENA, 2021). Les rénovations de bâtiments devront être doublées, passant de leur taux actuel de 1 % par an à 2 % par an, étant donné que plus de 50 % du parc immobilier mondial actuel sera encore en place en 2050 (IEA, 2013b).

L'AIE a constaté que pour atteindre zéro émission nette d'ici 2050 à l'échelle mondiale, toutes les nouvelles constructions devraient être «prêtes pour le zéro carbone» d'ici 2030, et que des rénovations doivent être effectuées sur la plupart des bâtiments d'ici 2050 pour leur permettre de répondre aux normes énergétiques zéro carbone (IEA, 2021d). Par conséquent, cette transformation est axée sur la fourniture de bâtiments et d'appareils à haute efficacité.

Avantages



Des enveloppes et des appareils plus efficaces consomment moins d'énergie et coûtent donc moins cher à faire fonctionner et peuvent améliorer la qualité de vie des occupants grâce à des températures modérées, à l'isolation acoustique, ainsi qu'à la modernisation des appareils et de l'infrastructure des bâtiments (Ibid; AIE, 2013). En outre, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments réduit la nécessité d'investir dans des infrastructures supplémentaires d'approvisionnement et de distribution d'énergie (IEA, 2013b).

Obstacles



De nombreux facteurs empêchent l'adoption de bâtiments efficaces sur le plan énergétique (IEA, 2013a, 2020d). Les bâtiments plus efficaces ont tendance à être moins chers à exploiter pendant leur durée de vie mais les coûts d'investissement initiaux sont plus élevés et il existe un risque de détérioration, de destruction ou d'obsolescence avant que les coûts initiaux supplémentaires aient pu être amortis. La question des bénéfices induits par la consommation d'énergie réduite peut manquer de visibilité, car les factures d'énergie ne représentent souvent qu'une petite partie de la valeur du bâtiment, bien inférieure à la valeur apportée par l'emplacement et par la capacité à répondre aux besoins. Les subventions faussant la concurrence dans le secteur des combustibles fossiles, qui s'élevaient à près de 6 000 milliards USD en 2020 au niveau mondial (IMF, 2022), cachent les coûts réels de l'énergie et réduisent ainsi les incitations économiques à investir dans l'efficacité énergétique (Espa and Rolland, 2015). Les enjeux posés par la



division des responsabilités ont également un rôle à jouer, lorsque les coûts de rénovation des bâtiments loués ou en location sont imposés aux propriétaires, alors que les économies réalisées reviennent à l'occupant ou à l'exploitant qui paie les factures d'énergie. Enfin, il n'est pas toujours évident pour les propriétaires et occupants de bâtiments de comprendre pourquoi l'efficacité est importante et pourquoi ils devraient y prêter attention et y consacrer une partie de leur capital restreint. Une faible réglementation de l'efficacité dans les normes de construction et un manque d'application de la réglementation existante diminuent l'incitation à investir dans des actions d'efficacité (IEA, 2017).

Interventions du gouvernement



La principale mesure d'efficacité énergétique pour les bâtiments dans le monde est l'amélioration de l'isolation de l'enveloppe (IEA, 2013a, 2021e). D'autres mesures d'efficacité énergétique sont liées aux systèmes de production d'eau chaude, de chauffage et de refroidissement. Les caractéristiques de conception telles que l'orientation du bâtiment pour maximiser ou éviter l'exposition à la lumière du soleil, la forme et la taille des fenêtres, le verdissement ou le blanchiment du toit pour absorber la chaleur, la circulation naturelle de l'air pour réduire le besoin de climatisation et la localisation peuvent également contribuer à réduire les charges de chauffage, de refroidissement et d'éclairage.

Les réglementations gouvernementales peuvent exiger des enveloppes à haute efficacité pour les nouvelles constructions ou les propriétés en vente, en annonçant les objectifs de chaque année à l'avance, ce qui permet d'impliquer l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement du secteur et de réaliser des économies d'échelle (IEA, 2013a). Les gouvernements peuvent également montrer l'exemple, orienter les attentes du secteur et faciliter les économies d'échelle en rendant obligatoire de hauts standards d'efficacité pour les nouveaux bâtiments gouvernementaux et en rénovant leur propre parc immobilier (IEA and IMF, 2020).

Les gouvernements peuvent utiliser des incitations financières pour faire face aux coûts d'investissement initiaux plus élevés des enveloppes et des appareils plus efficaces (Ibid; AIE, 2013), car ils peuvent généralement emprunter des capitaux à un tiers du coût d'intérêt des ménages ou moins, ce qui modifie considérablement les coûts d'investissement initiaux et l'amortissement des projets à long terme. Ils peuvent en outre fournir des garanties de prêt aux investisseurs privés afin de limiter l'impact fiscal direct. Il s'agit notamment de prêts à taux d'intérêt subventionnés, de subventions à la rénovation, d'avantages fiscaux et de modèles de remboursement indexés sur la réalisation effective des économies, au fur et à mesure. Ces mécanismes prennent tout leur sens dans les pays où les gouvernements bénéficient de coûts d'emprunt inférieurs à ceux des consommateurs. Les gouvernements peuvent financer ces programmes avec des obligations écologiques ou liées à la durabilité.



Les problèmes d'incitations divisées peuvent être abordés en utilisant des instruments financiers qui lient le remboursement du capital emprunté à la propriété plutôt qu'aux propriétaires actuels, par exemple en liant l'amortissement du prêt remboursé aux les taxes foncières spécifiques au site (IEA, 2019).

Enfin, l'amélioration de la qualité de l'information et de la transparence peut permettre de réduire les émissions dans les bâtiments. La certification des appareils et des bâtiments à faible ou à zéro émission de carbone peut offrir une certaine transparence aux locataires et aux investisseurs, permettant ainsi aux nouveaux acheteurs et locataires potentiels, qui paieront les factures d'énergie, de bien mesurer l'accroissement de la valeur des biens. Des études de cas ont montré que le fait de proposer aux ménages des analyses sur l'énergie conçus selon les principes de l'économie comportementale peut inciter les locataires à utiliser l'énergie de manière plus durable (WRI, 2022a).

Transformation 10

Électrifier les appareils ménagers



La transformation

Toutes les principales utilisations des combustibles fossiles dans les bâtiments peuvent être électrifiées en s'appuyant sur des technologies existantes (Williams *et al.*, 2012b, 2021; Bataille *et al.*, 2016; IEA, 2021b; IRENA, 2021). L'électrification se justifie même si le réseau utilise actuellement des combustibles fossiles comme source d'énergie marginale dans le contexte d'une transition vers un système énergétique net zéro qui va prendre plusieurs décennies et qui agit sur l'offre et la demande d'énergie en parallèle (Audoly *et al.*, 2018). La demande en chauffage et en climatisation peut être satisfaite grâce aux pompes à chaleur, qui sont de loin la technologie la plus économe en énergie pour fournir du chauffage – consommant généralement 2 à 4 fois moins d'énergie qu'un simple chauffage par résistance électrique ou que des combustibles fossiles efficaces pour le même rendement -- et qui fonctionne dans de nombreuses conditions météorologiques (IEA, 2022b, 2019b, 2020d). Les pompes à chaleur sont en fait des climatiseurs inversés et peuvent également fournir du froid. La demande en eau chaude peut être entièrement électrifiée en utilisant une combinaison d'énergie solaire passive, de pompes à chaleur et de chauffage par résistance électrique directe. La cuisson peut se faire avec des tables de cuisson à résistance électrique ou à induction, ou avec des appareils tels que des autocuiseurs électriques, même dans des localisations non connectées au réseau (World Bank Group *et al.*, 2020). Les anciens bâtiments qui dépendent du gaz fossile peuvent être alimentés en biométhane jusqu'à ce qu'ils soient remplacés ou modernisés.

Avantages



L'électrification du chauffage des locaux et de la cuisine permet de gagner en efficacité énergétique, puisque, par exemple, les pompes à chaleur sont 3 à 4 fois plus efficaces que les chaudières à gaz; elle réduit en outre la pollution de l'air intérieur. Ainsi, elle peut contribuer à empêcher les 173 000 à 233 000 décès prématurés causés par la pollution atmosphérique locale en Amérique latine, laquelle est essentiellement liée à l'utilisation de la biomasse (World Bank and IHME, 2016; Statista, 2019). L'électrification peut également réduire la pollution de l'air intérieur lorsqu'elle est utilisée pour remplacer les poêles à gaz. Bien qu'ils soient sensiblement meilleurs dans l'ensemble que la biomasse traditionnelle, les poêles à gaz libèrent des polluants qui peuvent avoir des effets négatifs sur la santé, exacerbant souvent les problèmes respiratoires telles que l'asthme, en particulier chez les enfants (RMI, 2020).

Enfin, l'électrification du chauffage, du refroidissement et de la cuisson entraîne généralement une baisse des coûts énergétiques courants et une plus grande stabilité des prix de l'énergie, en particulier une fois que l'approvisionnement en électricité a été en grande partie transformé en énergie éolienne et solaire: voir Transformation 1, 2 et 11 (IEA 2020d, 2021d).

Obstacles



Comme pour l'efficacité de l'enveloppe et des appareils dans la Transformation 9, le défi fondamental réside dans le coût d'investissement du remplacement des chaudières, des systèmes d'eau chaude et des poêles à combustible fossile existants par des alternatives sans carbone. La plupart des bâtiments existants n'ont en effet pas été construits pour utiliser ces dernières options (par exemple, avec un câblage électrique suffisamment solide et une capacité du système suffisante) (IEA, 2013a; IRENA and China State Grid Co., 2019). Une forte augmentation de la demande, comme c'est le cas actuellement pour les pompes à chaleur, crée des obstacles temporaires dans les chaînes d'approvisionnement et la capacité d'installer les appareils. Le manque de connaissance des options électriques constitue également un obstacle sur certains marchés. En outre, les pompes à chaleur sont plus efficaces dans les enveloppes de bâtiments à haute efficacité car elles assurent des changements lents et constants au niveau du chauffage et du refroidissement; l'efficacité de l'enveloppe doit donc être abordée en parallèle (IEA, 2013a) (voir Transformation 9). En outre, les signaux-prix peuvent être trompeurs. Dans certains pays, l'électricité est en effet davantage taxée que les combustibles fossiles tels que le gaz naturel. Parfois, le gaz naturel est subventionné ou bénéficie d'allègements fiscaux alors que l'électricité est taxée. Les obstacles culturels par rapport à l'utilisation d'appareils électrifiés peuvent ralentir la mise en œuvre de cette transformation.

Interventions du gouvernement



Les mandats peuvent soutenir l'électrification des utilisations énergétiques dans les bâtiments (AIE, 2021). Le gouvernement peut interdire les nouveaux branchements au gaz méthane et exiger la fourniture de tous les services électriques dans les nouveaux bâtiments, avec des panneaux et un câblage de capacité suffisants (IEA, 2013a, 2021d). Les mêmes aides financières (c'est-à-dire les prêts à faible taux d'intérêt, les subventions, les incitations fiscales) abordées dans le cadre de la Transformation 9 peuvent être utilisées pour le remplacement précoce des appareils à base de combustibles fossiles par des appareils électrifiés tels que les poêles à induction ou les pompes à chaleur. Encore une fois, les gouvernements peuvent aider à développer l'industrie et les économies d'échelle en débutant par leur propre parc immobilier (IEA and IMF, 2020). Les réformes de la tarification peuvent contribuer à rendre l'électricité plus attrayante en tant que combustible que les alternatives aux combustibles fossiles (Transformations 1 et 2).

La sensibilisation des clients à l'électrification des appareils, à leur utilisation et à leurs avantages par le biais d'une communication ciblée, des campagnes de sensibilisation et d'autres actions d'information peut accélérer l'acceptation culturelle des appareils électrifiés.

Transformation 11

Déployer la production solaire d'électricité et d'eau chaude dans les bâtiments



La transformation

Les bâtiments fournissent de nombreuses opportunités pour l'installation de systèmes décentralisés de production solaire d'électricité et d'eau chaude: sur les toits, les parkings couverts ou, dans des contextes plus innovants, sur les murs ou les fenêtres (IEA, 2021b; IRENA, 2021). Cela permet de couvrir les demandes d'électricité générées dans le bâtiment et de réduire le besoin de nouvelles lignes de transmission. L'eau chaude par énergie solaire, qui est déjà commune en Amérique latine, présente également une opportunité pour le stockage de l'énergie.

Avantages



Bien qu'elle soit plus coûteuse que la production d'électricité par les systèmes de production de réseau, la construction de dispositifs d'autoproduction réduit considérablement le besoin de nouvelles lignes de transmission, dont l'approbation et le déploiement peuvent être difficiles, et peut aider les bâtiments climatisés à répondre à leur propre demande de refroidissement de pointe, qui va augmenter avec le changement climatique. Si couplés avec des dispositifs de stockage, ces solutions améliorent également la sécurité énergétique en cas de perturbation de l'approvisionnement en énergie. Lorsqu'elle est mise en œuvre avec des technologies de réseau intelligent, l'autoproduction peut également permettre une meilleure répartition de l'énergie grâce au stockage de l'électricité au niveau du compteur ou du réseau local et à la gestion des «lignes électriques virtuelles», grâce auxquelles la production distribuée est stockée temporairement jusqu'à ce que les capacités de transmission soient disponibles (IRENA, 2020b, e; IRENA and ILO, 2021).

Obstacles



Comme pour l'efficacité de l'enveloppe et des appareils dans le cadre de la Transformation 9 et l'électrification dans le cadre de la Transformation 10, le principal défi réside dans le coût d'investissement de l'installation de systèmes photovoltaïques et de production d'eau chaude thermique passive sur les bâtiments dans le cadre d'une rénovation, ainsi que dans le fait que la plupart des bâtiments existants n'ont pas été construits pour les utiliser (par exemple, avec une surface exposée au soleil, des supports, un câblage et une capacité électrique, une plomberie suffisants et l'approbation du gouvernement local et des services publics pour réaliser le projet) (IEA, 2013a; IRENA and China State Grid Co., 2019). Les multiples niveaux de gouvernance locale et l'approbation des services publics pour le raccordement peuvent également entraver l'adoption de l'autoproduction ; dans certains cas extrêmes sur les premiers marchés aux États-Unis, le reflux de l'énergie solaire résidentielle a saturé le système des réseaux publics nationaux, qui n'étaient pas préparés à une adoption aussi rapide. Le manque de connaissance des options est également un obstacle sur certains marchés, c'est pourquoi l'efficacité des enveloppes doit être abordée en parallèle (IEA, 2013a) (voir Transformation 9).

Intervention du gouvernement



Les interventions du gouvernement doivent se concentrer sur les coûts d'investissement initiaux en donnant accès à des capitaux à faible taux d'intérêt et en soutenant la formation d'une industrie pour produire les équipements d'autoproduction (par exemple, par le biais d'achats écologiques pour les bâtiments gouvernementaux) (IEA and IMF, 2020). Les mandats pour les nouvelles constructions peuvent soutenir l'électrification des utilisations énergétiques dans les bâtiments, comme le souligne le rapport Netzero de l'AIE (2021). Cette démarche doit toutefois être complétée par des processus accélérés et à guichet unique auprès des autorités locales pour l'approbation, l'accès aux réseaux et le raccordement. Le gouvernement peut également interdire les nouveaux raccordements au gaz méthane et exiger la fourniture électrique de tous les services dans les nouveaux bâtiments (IEA, 2013a, 2021d). Les mêmes aides financières (c'est-à-dire les prêts à faible taux d'intérêt, les subventions, les incitations fiscales) abordées dans le cadre de la Transformation 9 peuvent être utilisées pour le remplacement précoce des appareils à base de combustibles fossiles par des appareils électrifiés tels que les poêles à induction ou les pompes à chaleur. Encore une fois, les gouvernements peuvent aider à développer l'industrie et les économies d'échelle en débutant par leur propre parc immobilier (IEA and IMF, 2020). Les réformes de la tarification peuvent contribuer à rendre l'électricité plus attractive en tant que combustible que les alternatives aux combustibles fossiles (Transformations 1 et 2).



Industrie

À l'échelle mondiale, le secteur industriel émet 24 % du total des émissions de CO₂ provenant de la combustion de combustibles et des processus industriels (Minx *et al.*, 2021; Lamb *et al.*, 2021). Cela correspond à 22 % du total des GES. L'industrie est composée de nombreux secteurs distincts avec des processus chimiques très spécifiques émettant des GES suivant les processus actuels, tels que l'acier, le ciment et les produits chimiques, ainsi que des besoins génériques en chaleur de processus à des températures très variables de 50 à 1600 °C et en électricité.

Transformation 12

Électrifier les usages des basses et moyennes températures dans l'industrie



La transformation

La plupart des industries (par exemple, la transformation et la fabrication de produits alimentaires) ont des besoins modérés en chaleur liés à des processus tels que la vapeur à basse ou moyenne température, la cuisson ou la pasteurisation. Ces procédés peuvent généralement être mis en oeuvre à des températures inférieures ou égales à 150 °C (Madeddu *et al.*, 2020; Lechtenböhrer *et al.*, 2016). À ces températures, les technologies commerciales d'électrothermie directe, d'induction, de plasma, de pompe à chaleur, d'énergie solaire directe, d'électricité hybride combinée et d'énergie solaire peuvent fournir la chaleur nécessaire (Bataille *et al.*, 2018; IEA, 2021d). Cette transformation se concentre sur l'électrification de la demande de basses et moyennes températures pour l'industrie.

Avantages



Cette transformation présente des avantages directs en matière de coûts énergétiques si la majorité de l'électricité provient d'énergies renouvelables modernes et bon marché (Transformation 1 et 2). Il y a également des améliorations directes de la qualité de l'air au niveau local avec les avantages qui en découlent pour la santé (IEA, 2016). L'électrification des basses et moyennes températures peut également soutenir le développement d'un écosystème national d'industrie écologique, comprenant la production d'électricité propre, le stockage, la transmission et les utilisations finales avancées (IEA, 2021d; Bataille, 2020; Rissman *et al.*, 2020).

Obstacles



Le plus grand obstacle à l'électrification propre de l'industrie des températures basses à moyennes est, de loin, le coût généralement relativement élevé de l'électricité par rapport au charbon, aux produits pétroliers raffinés ou au méthane fossile dans la plupart des régions. Dans une proportion moindre, une transformation industrielle écologique nécessitera relativement plus de capital initial et, même si elle permettra moins de coûts énergétiques supplémentaires, des incitations financières seront nécessaires (IEA, 2021d; Bataille, 2020; Rissman *et al.*, 2020). Enfin, le manque d'information sur les alternatives électriques aux utilisations finales actuellement assurées avec des combustibles fossiles peut être un problème, surtout pour les petites et moyennes entreprises.

Interventions du gouvernement



Il est essentiel d'aligner les indicateurs de prix sur l'objectif d'électrification. A ce titre, la réduction et l'élimination éventuelle des subventions aux combustibles fossiles, comme cela a été réaffirmé lors de la COP 26, est un élément clé (Timperley, 202; IEA, 2022c). En outre, les subventions à la consommation industrielle de combustibles fossiles devront être progressivement supprimées, ce qui pose un problème en raison de la forte mobilisation des utilisateurs en faveur du maintien de ces subventions (OECD/IEA, 2021).

Les incitations financières sous forme de crédits d'impôt, de subventions d'investissement ou de prêts bonifiés peuvent encourager les mises à niveau technologiques et les investissements dans l'innovation transformationnelle (IEA, 2021d; Bataille, 2020; Rissman *et al.*, 2020).

Les normes de performance peuvent soutenir l'électrification de l'industrie. Aux États-Unis, par exemple, les engagements volontaires des entreprises en matière d'efficacité énergétique dans le cadre du programme Better Plants sont ensuite subventionnés par des fonds publics (Fekete *et al.*, 2021).

Les gouvernements peuvent également fournir de meilleures informations. Des audits gouvernementaux sur les émissions combinés à des programmes de soutien à l'information, comme cela se fait souvent pour l'efficacité énergétique, pourraient aider les petites et moyennes entreprises à évaluer leur capacité d'électrification et de systèmes de chauffage solaire.

Transformation 13

Remplacer tous les combustibles et matières premières de l'industrie lourde à haute température par des alternatives à plus faibles émissions



La transformation

Les industries lourdes telles que celles du fer et de l'acier, du ciment et du béton, et des produits chimiques ont des exigences spécifiques en matière de combustibles et de matières premières et reposent sur des processus industriels à haute température. Ces installations ont généralement une longue durée de vie, avec des possibilités limitées de rénovation, et sont actuellement alimentées par des combustibles fossiles. Bataille *et al.* (2020) ont constaté qu'au Costa Rica, 26 % des émissions de CO₂ liées à l'énergie et aux processus, et 37 % en Équateur, 43 % en Colombie, 29 % en Argentine, 60 % au Pérou et 44 % au Mexique étaient liées aux processus industriels.

L'hydrogène vert, défini ici comme l'hydrogène produit par électrolyse à l'aide d'électricité propre, sera essentiel pour réduire les émissions provenant du fer, de l'acier et des produits chimiques tels que les engrais à base d'ammoniac (Bataille *et al.*, 2018; Bataille, 2020; Philibert, 2017). L'hydrogène peut remplacer le charbon pour réduire le minerai de fer dans les fours de fer à réduction directe, tandis que les fours à arc électrique (actuellement utilisés uniquement pour le recyclage) peuvent combiner des ferrailles de haute qualité à faible contamination avec du nouveau fer primaire à faible GES provenant des fours de fer à réduction directe.

Pour le ciment et le béton, les solutions techniques permettant de réduire considérablement les émissions sont les suivantes: (1) un béton mieux mélangé qui minimise l'utilisation du ciment; (2) le remplacement du clinker par des cendres volantes, des scories, des déchets alcalins, du calcaire broyé et des argiles calcinées; et éventuellement (3) le CSC (Habert *et al.*, 2020; Scrivener *et al.*, 2018). L'hydrogène peut aussi potentiellement être utilisé pour la production propre de chaleur à haute température pour la fabrication du ciment, et peut-être mélangé à un combustible à combustion plus lente comme la biomasse ou des déchets.

Un recyclage plus important et de meilleure qualité, qui consomme beaucoup moins d'énergie que les matériaux primaires, sera essentiel pour les produits en fer, l'aluminium, le cuivre, le lithium et d'autres métaux (IEA, 2019a). Cela est abordé plus en détail dans la section Transformation 14 ci-dessous.

Avantages



Cette transformation peut améliorer directement la qualité de l'air local, avec des avantages directs pour la santé, en raison de la réduction de la combustion de charbon, de gaz ou de gaz de pétrole liquéfié (IEA, 2016). La production, le stockage et l'utilisation de l'hydrogène pour l'industrie peuvent être exploités en synergie pour accroître la flexibilité de la demande d'électricité et soutenir un approvisionnement en électricité stable et ajustable à la demande (par exemple, en le mélangeant au méthane dans les turbines de production d'électricité et éventuellement en utilisant des piles à combustible) (Vogl *et al.*, 2018; Dowling *et al.*, 2020; Neff *et al.*, 2021).

Obstacles



Le recours à l'acier recyclé plutôt qu'à l'acier de base est un moyen essentiel de réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'aide des technologies existantes; l'accès à une quantité suffisante de ferraille recyclée constitue un obstacle majeur (IEA, 2021d, 2020d).

L'un des obstacles à une réduction rapide des émissions liées au ciment à l'aide des technologies existantes est une approche essentiellement artisanale du mélange de ciment et de béton «tout prêt», qui manque de professionnalisme (Habert *et al.*, 2020; Scrivener *et al.*, 2018). Un ciment fabriqué par des professionnels pourrait tirer parti au maximum d'une optimisation du dimensionnement et du mélange des agrégats pour minimiser l'utilisation du ciment dans le béton, et adapter les substituts de matériaux à base de ciment à leur utilisation.

Certaines des nouvelles technologies de transformation clés pour les industries lourdes, telles que la production d'hydrogène vert, la réduction directe à l'hydrogène dans la métallurgie et le CSC pour le ciment, restent relativement peu développées et soumis à des coûts élevés, ce qui constitue un autre obstacle majeur (IEA, 2021d; Bataille, 2020; Rissman *et al.*, 2020; IEA, 2020d). Toutefois, l'innovation progresse rapidement dans certains pays développés. Compte tenu de la demande croissante de matériaux, les pays en développement pourraient être des candidats idéaux pour le déploiement précoce de ces technologies une fois qu'elles seront à un état de maturité suffisant.

Un autre obstacle à l'utilisation du CSC pour la fabrication du clinker pour le ciment est lié à la localisation des installations de production, qui sont souvent à proximité du calcaire et non à proximité d'un stockage géologique du CO₂.

Interventions du gouvernement



Une intervention déterminante pour la décarbonation des métaux, qui est développée plus en détail dans la Transformation 14, porte sur le développement d'une infrastructure de collecte et de séparation des déchets métalliques (par exemple, le fer, le cuivre, le nickel et les métaux traces) provenant des appareils électroniques de tous types. L'utilisation généralisée des panneaux solaires photovoltaïques, des batteries et des éoliennes nécessitera également à terme des programmes de récupération des métaux contenus dans les panneaux en vue de leur recyclage.

Les pays qui sont en mesure de le faire peuvent participer à des programmes mondiaux d'accélération des technologies industrielles et à des sites pilotes en amont de la commercialisation, par exemple pour le remplacement de l'hydrogène par électrolyse à partir de l'énergie solaire photovoltaïque dans la production d'engrais, la réduction directe du fer par l'hydrogène dans l'acier du four à arc électrique, ou le CSC pour les émissions du processus de production de ciment (Bataille, 2020; Trollip *et al.*, 2022).



Les gouvernements peuvent mettre à jour les normes de construction afin d'encourager la substitution des matériaux à base de ciment, et les réglementations peuvent être utilisées pour imposer le mélange professionnel du ciment et du béton dans la mesure du possible (Habert *et al.*, 2020; Scrivener *et al.*, 2018).

Les gouvernements peuvent privilégier les matériaux plus écologiques lors de leurs propres achats pour les infrastructures et autres bâtiments, comme l'encourage l'Initiative ministérielle pour une décarbonation profonde de l'industrie (Clean Ministerial Industrial Deep Decarbonization Initiative), (UNIDO, 2021) dont les partenaires initiaux sont l'Inde, l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Canada et les Émirats arabes unis. Si possible, ils peuvent également offrir une mesure incitative pour les matériaux à très faibles émissions fondée sur l'intensité des GES. (Sartor and Bataille, 2019).



Déchets

Les émissions résultant d'une mauvaise gestion des déchets sont principalement issues des décharges (entraînant 5 % des émissions mondiales de GES), au sein de processus industriels tels que le traitement des eaux usées et l'incinération (3,7 % des émissions mondiales), et la combustion de la biomasse dans l'agriculture, la foresterie et l'usage des sols (0,5 % des émissions mondiales) (Lamb *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2021). En Amérique latine et dans les Caraïbes, les déchets représentaient 6 % des GES en 2018 (WRI-CAIT, 2021). Au niveau municipal, la gestion des déchets est importante compte tenu des niveaux croissants de consommation de matériaux et de déchets des ménages. En Amérique latine et dans les Caraïbes, 541 000 tonnes de déchets municipaux sont produites quotidiennement. Ce nombre devrait augmenter de 25 % d'ici 2050 (Circular Economy Coalition, 2022). Moins de 1 % des déchets sont actuellement compostés dans la région, et seulement 4,5 % des déchets sont recyclés, tandis qu'environ un quart des déchets finissent dans des décharges à ciel ouvert et deux tiers dans des sites d'enfouissement (Kaza *et al.*, 2018). La région leader en matière de recyclage, l'Union européenne, recycle environ 50 % des déchets ménagers (European Environmental Agency, 2022).

Transformation 14

Œuvrer en faveur d'une économie circulaire



La transformation

Le passage à une économie circulaire, c'est-à-dire un effort pour réduire la consommation et réutiliser, réorienter, réparer ou recycler les matériaux à la fin de leur vie utile autant que possible, peut réduire considérablement la demande de ressources telles que les plastiques, les produits du bois et les métaux, ainsi que l'énergie nécessaire à la transformation de nouveaux matériaux primaires (IPCC, 2022, Chs. 5 & 11). Comme ces ressources sont souvent générées par des processus à forte intensité énergétique et très polluants, tels que l'exploitation minière et l'extraction de nouvelles matières premières, une économie plus circulaire peut donc réduire les émissions (IEA, 2021d; Bataille, 2020; Rissman *et al.*, 2020; IEA, 2019a). Pour mettre en œuvre une économie circulaire, la priorité est de travailler avec les organismes de réglementation de la fabrication et de la construction, les architectes et les entreprises de fabrication et de construction sur la façon dont les produits de la vie quotidienne, les véhicules, les appareils, les bâtiments et les infrastructures sont conçus, fabriqués et emballés afin d'utiliser moins de ressources, de les faire durer plus longtemps, de les réutiliser pour d'autres utilisations finales et de les démonter facilement pour les recycler à la fin de leur vie utile (Zink and Geyer, 2019; IEA, 2019a).

En ce qui concerne l'augmentation de la durée de vie des produits, l'infrastructure et le comportement des consommateurs doivent être mis en place pour réutiliser, réorienter et réparer efficacement les produits. Enfin, l'établissement d'un système de collecte et de recyclage du verre, des plastiques (par exemple, les bouteilles de boisson en polyéthylène) et des métaux (par exemple, l'aluminium, le cuivre, le fer, le lithium), tant au niveau commercial que des ménages, est essentiel pour encourager le recyclage. Les déchets industriels alcalins (par exemple, les cendres volantes, les scories et les produits de maçonnerie) devraient être acheminés vers l'industrie du ciment et du béton en tant que matériaux de substitution du ciment. (Habert *et al.*, 2020; Scrivener *et al.*, 2018).

Avantages



Les avantages d'une transformation de l'économie circulaire pour les matériaux sont multiples. La réduction de l'utilisation et de l'extraction des ressources réduit la pollution locale de l'air, de l'eau et du sol, créant ainsi des avantages pour la santé publique. Elle réduit également l'ampleur des impacts environnementaux négatifs de l'utilisation des sols qui résultent de l'extraction des ressources, comme la déforestation ou l'exploitation minière. Cette transformation peut aussi avoir des répercussions positives sur les communautés vivant dans des zones riches en ressources et améliorer la qualité de vie et la sécurité. Les produits sont conçus pour être plus robustes, offrant éventuellement des avantages économiques aux clients (Ekins *et al.*, 2019). Les matériaux recyclés tels que le fer, l'aluminium et de nombreux autres métaux sont souvent moins chers car ils permettent de réduire considérablement le besoin de nouvelles matières premières ainsi que l'énergie et les autres intrants nécessaires à leur traitement (Daehn *et al.*, 2017; IEA, 2019a). Le recyclage s'accompagne également d'une réduction des besoins en eau et en transport, avec d'autres impacts en chaîne, notamment sur la qualité de l'air local.



L'établissement d'un modèle d'économie circulaire peut également créer directement de l'emploi, en se concentrant par exemple sur la réparation ou la reconversion des produits, la collecte de matériaux recyclables et la gestion des déchets. Les efforts en matière d'économie circulaire peuvent contribuer à créer de nouvelles opportunités commerciales et à favoriser l'innovation (Kaza *et al.*, 2018). Les impacts économiques positifs au niveau local, régional et mondial peuvent se chiffrer en points de PIB à un ou deux chiffres (Ekins *et al.* 2019).

Obstacles



Les incitations économiques pour amener les producteurs à changer leurs modes de production sont faibles, les coûts initiaux élevés et les bénéfices relativement faibles à court terme, ce qui nuit à l'adoption d'approches circulaires dans la transition (Ekins *et al.*, 2019). Les incitations réglementaires visant à créer et à soutenir une économie circulaire (par exemple, les lois sur la responsabilité élargie des producteurs ou les réglementations interdisant les gobelets à usage unique ou les pailles en plastique) font largement défaut, à l'exception de quelques pays (Circular Economy Coalition, 2022). L'absence d'infrastructure de collecte de bout en bout et d'intégration dans les chaînes de valeur, y compris des structures dédiées de gestion des déchets industriels et ménagers, le transport des déchets vers une installation de collecte et de traitement, et l'installation nécessaire pour traiter les déchets eux-mêmes, constitue également un obstacle majeur à la mise en place d'une économie circulaire. En lien avec cela, les dynamiques comportementales compatibles avec le recyclage des matériaux recyclables n'est actuellement pas prévalente. Au niveau commercial, les fonds dédiés à l'innovation dans la conception des produits sont insuffisants, freinant la mise en œuvre des changements nécessaires pour intégrer les produits dans un modèle circulaire. Par exemple, la plupart des véhicules en fin de vie sont remplis de fils de cuivre. Si ce câblage est laissé dans les véhicules, le niveau de contamination de l'acier par le cuivre augmente. Au-delà de certains niveaux, il ne peut plus être utilisé pour fabriquer des tôles minces pour les véhicules ni, à terme, pour les produits plats de construction (Daehn *et al.*, 2017). Le manque de préparation aux changements de comportement (par exemple, lorsqu'on suppose que la qualité des nouveaux produits est meilleure que celle des produits usagés) et le manque de connaissances et de capacités des consommateurs et de la main-d'œuvre diminuent l'adoption de l'économie circulaire (Ekins *et al.*, 2019).

Interventions du gouvernement



Les gouvernements peuvent introduire des politiques de marchés publics écologiques, y compris des exigences en matière d'économie circulaire. Dans les pays de l'OCDE, 12 % du PIB est lié aux marchés publics, et environ 30 % des dépenses publiques financent les processus de marchés publics. La modification des politiques d'approvisionnement peut donc avoir un impact significatif sur l'adoption d'une économie circulaire (Ekins *et al.*, 2019).



Les lois et réglementations peuvent créer de meilleures conditions de départ pour une économie circulaire en introduisant des lois sur la responsabilité élargie des producteurs. Au Chili et en Colombie, par exemple, la loi incite les entreprises à augmenter la qualité de leurs produits, à améliorer les processus de collecte, à faciliter le retour des produits et à aider les clients à réparer les produits au lieu d'en acheter de nouveaux (Circular Economy Coalition, 2022). Pour réduire les déchets, la réglementation peut interdire les produits à usage unique (par exemple, dans les plats à emporter ou les plastiques à usage unique utilisés pour l'emballage).

Les gouvernements peuvent soutenir financièrement et non financièrement les entreprises dans la transition vers une économie circulaire, par exemple en garantissant les prix ou en renforçant les capacités. La municipalité de São Paulo achète des produits avec une majoration de 30 % auprès de 160 agriculteurs participant à un projet de transition vers une approche d'économie circulaire. Les agriculteurs bénéficient aussi d'une assistance technologique et d'un renforcement des capacités, ce qui leur permet de produire des aliments biologiques et de réintégrer les déchets organiques dans les sols (Ellen MacArthur Foundation, 2022). Les entreprises peuvent être incitées à augmenter les fonds disponibles pour la conception de produits circulaires par le biais de programmes de soutien du secteur public, tels que des subventions d'investissement ou des fonds de recherche dédiés aux projets d'économie circulaire (European Commission, 2020).

Les systèmes de consigne et de retour pour tous les articles recyclables se sont révélés efficaces dans divers contextes historiques, notamment pour les conteneurs de boissons en verre, en aluminium et en plastique polyéthylène. Les systèmes de consigne et de retour nécessitent des centres de collecte et de gestion des déchets recyclables, qui peuvent également servir de point de collecte pour les matières organiques (Transformation 15). Il pourrait être imposés que les déchets de construction soient transportés par camion vers des centres où un maximum de ces matériaux peuvent être récupérés et recyclés. Des frais importants et des pénalités pourraient être imposés en cas de mise en décharge ou de déversement illégal. Pour les déchets ménagers, les municipalités peuvent établir des points de collecte et des horaires réguliers pour le ramassage des déchets et construire des installations de gestion des déchets qui maximisent le potentiel de recyclage des matériaux éliminés. Le changement de comportement vers une meilleure acceptation des approches de l'économie circulaire peut être encouragé par des campagnes d'information ou des incitations financières pour l'élimination correcte des déchets ainsi que des frais pour l'élimination inadéquate, tels que les taxes de mise en décharge, qui, cependant. Ces mesure doivent toutefois être mises en œuvre avec discernement pour éviter les effets négatifs, tels que le découragement de la récupération des matériaux (Callao *et al.*, 2021; Fletcher *et al.*, 2018).

Transformation 15

Réduire les pertes et les déchets alimentaires et mettre en place une gestion active du méthane pour l'élimination des matières organiques



La transformation

Les déchets organiques proviennent principalement de la production alimentaire, qui est l'une des industries les plus gourmandes en ressources (Searchinger *et al.*, 2019). Bien que cela soit difficile à quantifier, on estime que jusqu'à 30 % de la production alimentaire mondiale, soit 1,3 milliard de tonnes par an, n'est pas consommée mais perdue avant d'atteindre les consommateurs ou gaspillée par les consommateurs finaux (FAO 2014). Cela correspond à 28 % des terres arables mondiales qui sont utilisées pour la culture d'aliments qui sont finalement perdus ou gaspillés (WFP, 2021). Environ 2,2 GtCO₂eq, soit environ 4 % des émissions mondiales de GES, sont liées aux pertes et gaspillages alimentaires (World Wildlife Fund [WWF], 2021). Des conceptions de marché inefficaces, certaines subventions et un manque de chaînes d'approvisionnement et de refroidissement adaptées sont à l'origine de la surproduction mondiale (Platform for Accelerating the Circular Economy [PACE], 2021). En outre, seuls 2 % des déchets organiques produits dans les villes sont actuellement réutilisés (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

L'objectif de cette transformation est de réduire les pertes et les déchets alimentaires et d'améliorer la gestion du méthane issu des déchets restants. Le méthane peut être réduit en CO₂ par le captage et la valorisation énergétique (c'est-à-dire la combustion pour produire de la chaleur et de l'électricité utilisables), ou il peut être évité grâce à des systèmes de compostage à l'échelle de la ville (Government of Western Australia, 2022; Climate and Clean Air Coalition, 2022). Le captage du méthane peut également être appliqué aux systèmes de collecte des eaux usées, selon le contexte (WRI, 2022b).

Avantages



La réduction et la gestion des déchets organiques présentent plusieurs avantages. Les pertes et gaspillages de nourriture sont évalués à 1 trillion USD par an; leur réduction peut donc avoir un avantage économique direct (WFP, 2021). Les terres qui sont actuellement utilisées pour la surproduction alimentaire peuvent à la place être consacrées à la reforestation ou aux loisirs, comme les parcs et les jardins. L'amélioration des chaînes d'approvisionnement et des chaînes de refroidissement peut réduire la pénurie alimentaire et la faim (PACE, 2021; WFP, 2021). L'eau est économisée lorsque la surproduction est réduite, ce qui ralentit les prélèvements sur les aquifères, la désertification des régions et la pénurie d'eau en général, et rend les réservoirs d'eau tels que les lacs moins susceptibles de souffrir d'eutrophisation (enrichissement excessif en nutriments) et d'acidification (WWF, 2021; WFP, 2021). Le méthane capté peut être utilisé pour créer du biogaz ou du biométhane et peut être brûlé directement pour produire de l'énergie (WRI, 2022b).

Obstacles



En général, les obstacles mentionnés dans les transformations 6-8, tels que les défaillances du marché, les choix alimentaires intensifs en viande et les systèmes de soutien gouvernementaux imparfaitement conçus, affectent également les possibilités de réduction des pertes et

gaspillages alimentaires (WWF, 2021). En outre, les obstacles spécifiques suivants peuvent être envisagés. Des chaînes d'approvisionnement et de refroidissement défectueuses ainsi que des incitations tarifaires erronées entraînent des pertes du côté des producteurs et certaines caractéristiques comportementales peuvent provoquer du gaspillage alimentaire du côté des consommateurs. De nombreux pays et régions n'évaluent pas systématiquement leurs modèles de pertes et de déchets alimentaires, perdant ainsi une occasion de concevoir des stratégies de gestion des pertes et des déchets fondées sur les faits. Les objectifs contraignants de réduction des pertes et des déchets alimentaires sont peu, voire pas du tout, intégrés dans les politiques nationales, les réglementations et les processus de marchés publics. Les systèmes de collecte des déchets organiques pour permettre le compostage ne sont souvent pas en place (PACE, 2021; WWF, 2021). Le fait de couvrir et de sceller les décharges pour capter le méthane crée un coût net, pour lequel les incitations financières font défaut.

Intervention du gouvernement



La gestion de la chaîne d'approvisionnement peut être améliorée en utilisant des logiciels de gestion de la chaîne d'approvisionnement qui permet de distribuer les marchandises en temps réel et de réduire les pertes de nourriture causées par un stockage prolongé ou avec une rupture de la chaîne du froid (Ellen MacArthur Foundation and Google, 2019). Il est possible d'installer ou de moderniser des installations de refroidissement dans plusieurs parties de la chaîne d'approvisionnement (c'est-à-dire les fermes, le stockage, le transport et les marchés). Dans les zones reculées, la production décentralisée d'énergie renouvelable peut parfois être utilisée pour alimenter en électricité les systèmes de refroidissement. Des subventions et des aides publiques à l'investissement peuvent être envisagées pour aider les acteurs de la chaîne d'approvisionnement à réaliser ces investissements. Les gouvernements peuvent utiliser leurs propres agences ou coopérer avec des instituts de recherche pour recueillir des informations systématiques sur les pertes et gaspillages de nourriture, ce qui permet de concevoir des stratégies sur mesure pour les réduire. Ils peuvent en outre établir des objectifs contraignants en matière de pertes alimentaires afin d'inciter les producteurs dans la chaîne d'approvisionnement à réaliser des améliorations ciblées. Cela peut également inclure le soutien aux banques alimentaires locales et une réglementation qui favorise la redistribution des surplus alimentaires au lieu de les jeter. En outre, une interdiction des déchets alimentaires dans les décharges peut être introduite, rendant obligatoire le compostage ou un tout autre traitement spécifique des déchets alimentaires pour les remplacer. Les marchés publics peuvent être alignés sur les objectifs de perte et de gaspillage alimentaires et sur les objectifs de circularité alimentaire. Les municipalités peuvent fournir des systèmes de collecte séparés ou des sites de dépôt de quartier pour les déchets organiques. Ces déchets sont ensuite collectés dans des centres de gestion des déchets pour être soit compostés soit confinés et brûlés (PACE, 2021; WWF, 2021). L'évaluation en amont, la planification et la mobilisation de capital sont nécessaires pour établir les réseaux de collecte et les systèmes de traitement adéquats (Center for Clean Air Policy, 2018). Des fonds publics peuvent être mis à disposition pour les mises à niveau nécessaires des centres de gestion des déchets afin de capter plus efficacement le méthane ou de transformer les déchets en biens productifs grâce à des systèmes de digestion anaérobie (APCE, 2021).

Conclusion

Atteindre les objectifs de l'Accord de Paris est une tâche ardue. Pour cela, en Amérique latine et dans les Caraïbes, il faudrait réorienter de 7 à 19 % du PIB, soit jusqu'à 1,3 trillion USD de dépenses privées et publiques chaque année (Galindo Paliza *et al.*, 2022). Il ne s'agit pas d'un coût net: l'action climatique serait non seulement beaucoup moins chère que le coût associé à l'inaction, mais elle apporterait également des avantages substantiels. L'action climatique ne consiste principalement pas à dépenser plus, mais à dépenser différemment. Ce rapport suggère que les gouvernements disposent de nombreuses actions efficaces et politiquement réalisables pour réorienter les dépenses et progresser sur la voie de zéro émission nette.

L'un des défis consistera à établir des priorités et à coordonner les interventions gouvernementales entre les secteurs et les différents niveaux de gouvernement (du local au fédéral). Deux instruments créés dans le cadre de l'Accord de Paris peuvent aider les gouvernements dans cette optique: les CDN, qui constituent un engagement national public à réduire les émissions et à s'adapter au changement climatique, le plus souvent à moyen terme (disons d'ici 2035); et les LTS, qui fournissent des feuilles de route aspirationnelles vers un développement à faible émission d'ici 2050.

Les CDN et les LTS permettent aux gouvernements nationaux de réunir des responsables gouvernementaux, des universitaires, des représentants du secteur privé et des citoyens pour discuter de la manière dont le pays peut traduire un objectif à long terme de zéro émission nette en une série de changements qui doivent se produire dans tous les secteurs au fil du temps (Jaramillo and Saavedra, 2021). À partir de là, le débat politique peut se concentrer sur la compréhension des obstacles au changement et sur la conception d'interventions gouvernementales visant la décarbonation une fois ces obstacles levés. De nombreux pays dans le monde ont choisi d'utiliser des stratégies climatiques à long terme de cette manière (UNFCCC, 2022). Par exemple, la stratégie de décarbonation du Costa Rica établit quelles transformations sectorielles, organisées en 10 axes d'action, permettront au pays d'atteindre zéro émission nette d'ici 2050, puis définit plus de 70 interventions gouvernementales à mettre en œuvre par 35 agences gouvernementales d'ici 2023, 2030 et 2050 pour assurer la transition (Government of Costa Rica, 2019). En plus de servir de feuille de route pour les interventions gouvernementales visant à réorienter les flux financiers nationaux, le gouvernement a pu utiliser cette stratégie pour attirer des financements d'institutions financières internationales telles que la Banque interaméricaine de développement et l'Agence française de développement (Delgado *et al.*, 2021, encadré 1).

De nombreuses parties prenantes différentes ont un rôle à jouer pour permettre la transition. Dans ce rapport, nous nous concentrons principalement sur le rôle des ministères dits de tutelle, des entreprises publiques et des régulateurs publics. D'autres publications donnent un aperçu des rôles que peuvent jouer les ministères transversaux (e.g., Cárdenas *et al.*, 2021; Delgado *et al.*, 2021). Par exemple, Delgado *et al.* (2021) détaillent comment les ministères des Finances et de la Planification peuvent établir une stratégie pour financer la transition et s'assurer que les dépenses publiques et la stratégie fiscale soutiennent la mise en œuvre de transformations sectorielles compatibles avec une transition vers zéro émission nette. De même, Bhattacharya *et al.* (2019) fournissent des indications sur la manière de s'assurer que les projets d'infrastructures publiques sont systématiquement conçus en tenant compte, d'emblée, du changement climatique et d'objectifs de durabilité plus larges. D'autres travaux pourraient se concentrer sur les rôles respectifs des différents niveaux du gouvernement, tels que les gouvernements nationaux, régionaux et municipaux, qui sont susceptibles de dépendre des institutions locales. Des changements institutionnels et de gouvernance peuvent eux-mêmes être nécessaires pour éliminer les obstacles profonds à la décarbonation. Ces questions feront également l'objet de travaux futurs.

En outre, pour que la transition vers zéro émission nette contribue aux objectifs de développement social et soit politiquement acceptable, elle doit être juste et inclusive (Vogt-Schilb and Hallegatte, 2017). Une transition juste signifie que les gouvernements doivent s'efforcer de maximiser les avantages socio-économiques de la transition, d'anticiper et de compenser les pertes et les coûts de transition, et de consulter toutes les parties prenantes lors de la conception de la politique climatique. D'autres travaux ont montré que les ministères sociaux peuvent jouer un rôle clé pour y parvenir (par exemple, OIT, 2018; Saget *et al.*, 2020). Par exemple, ils peuvent veiller à ce que la protection sociale protège les consommateurs des effets négatifs de la politique climatique, que le système éducatif fournisse les compétences dont les travailleurs ont besoin pour exercer des emplois verts et que la réglementation du travail fixe des conditions de travail décentes pour les nouvelles professions.

Enfin, si ce travail se concentre sur les interventions progressives des gouvernements pour permettre la transition vers zéro émission nette, des obstacles plus profonds peuvent venir entraver cette transition. Par exemple, un système bancaire défaillant peut empêcher le secteur privé d'investir dans une solution dont les coûts initiaux sont plus élevés. Un système éducatif défaillant peut maintenir les ménages dans la pauvreté et les priver des compétences requises pour participer à une économie verte. Si la transition vers zéro émission nette peut offrir l'opportunité de poursuivre une croissance verte inclusive, elle ne supprime pas la nécessité de mener des politiques de développement transversales.

Références

- Anenberg, S., J. Miller, D. Henze, and R. Minjares, 2019: A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015. *International Council on Clean Transportation*, 55.
- Alpizar *et al.*, 2020: Mainstreaming of natural capital and biodiversity into planning and decision-making. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Inputs-to-the-Dasgupta-Review-on-the-Economics-of-Biodiversity-Cases-from-Latin-America-and-the-Caribbean-Part-1-Mainstreaming-of-Natural-Capital-and-Biodiversity-into-Planning-and-Decision-Making.pdf>.
- Arregui *et al.*, 2020: Sectoral policies for climate change mitigation in the EU. Departmental Papers. 2020 Jg., Nr. 014. <https://www.imf.org/en/Publications/Departmental-Papers-Policy-Papers/Issues/2020/09/16/Sectoral-Policies-for-Climate-Change-Mitigation-in-the-EU-49640>
- Audoly, R., A. Vogt-Schilb, C. Guivarch, and A. Pfeiffer, 2018: Pathways toward zero-carbon electricity required for climate stabilization. *Applied Energy*, 225 (November 2017), 884–901, doi:10.1016/j.apenergy.2018.05.026.
- Baik, E. *et al.*, 2021: What is different about different net-zero carbon electricity systems? *Energy and Climate Change*, 2, 100046, doi:10.1016/j.egycc.2021.100046.
- Bataille, C., 2020: Physical and policy pathways to net-zero emissions industry. *WIREs Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(e633), 1–20, doi:10.1002/wcc.633.
- Bataille, C. *et al.*, 2016: The need for national deep decarbonization pathways for effective climate policy. *Climate Policy*, 16(sup1), S7–S26, doi:10.1080/14693062.2016.1173005.
- Bataille, C. *et al.*, 2018: A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy intensive industry production consistent with the Paris Agreement. *Journal of Cleaner Production*, 187, 960–973, doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.107.
- Bataille, C. *et al.*, 2020: Net-zero deep decarbonization pathways in Latin America: Challenges and opportunities. *Energy Strategy Reviews*, DDP-LAC Sp, doi:10.1016/j.esr.2020.100510.
- Battaglia Richi, E. *et al.*, 2015: Aspects sanitaires de la consommation de viande. *Forum Médical Suisse - Swiss Medical Forum*, 15(24), doi:10.4414/fms.2015.02296.
- BCG, 2020: The Staggering Value of Forests—and How to Save Them. <https://www.bcg.com/publications/2020/the-staggering-value-of-forests-and-how-to-save-them>.
- Benites-Zapata, Vicente A., Diego Urrunaga-Pastor, Mayra L. Solorzano-Vargas, Percy Herrera-Añazco, Angela Uyen-Cateriano, Guido Bendezu-Quispe, Carlos J. Toro-Huamanchumo, and Adrian V. Hernandez. "Prevalence and factors associated with food insecurity in Latin America and the Caribbean during the first wave of the COVID-19 pandemic." *Heliyon* 7, no. 10 (2021): e08091.
- Blackman, A., Corral, L., Lima, E. S., & Asner, G. P. (2017). Titling indigenous communities protects forests in the Peruvian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(16), 4123-4128.
- Blanco, J. P., E. Windisch, S. Perkins, A. Ito, and J. Leape, 2022: Decarbonising Transport in Latin American cities: A review of policies and key challenges.
- BNEF, 2021: Electric Vehicles Are Going to Dent Oil Demand—Eventually.
- Boehm, S. *et al.*, 2021: State of Climate Action 2021: Systems Transformations Required to Limit Global Warming to 1.5°C. *World Resources Institute*, doi:10.46830/wriipt.21.00048.
- Bryant, C. J., 2020: Culture, meat, and cultured meat. *Journal of Animal Science*, 98(8), 1–7, doi:10.1093/jas/skaa172.
- Callao, C., M. P. Latorre, and M. Martínez-Núñez, 2021: Understanding hazardous waste exports for disposal in Europe: A contribution to sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16), 1–14, doi:10.3390/su13168905.
- Cárdenas, M., J. P. Bonilla, and F. Brusa, 2021: Climate Policies in Latin America and the Caribbean: Success Stories and Challenges in the Fight against Climate Change, doi:10.18235/0003239.
- Cats, O., T. Reimal, and Y. Susilo, 2014: Public transport pricing policy—Empirical evidence from a fare-free scheme in Tallinn, Estonia. *Transport Research Record*, 2415, 89–96. https://www.researchgate.net/publication/266262692_Public_Transport_Pricing_Policy_-_Empirical_Evidence_from_a_Fare-Free_Scheme_in_Tallinn_Estonia.
- Cavallo, E., A. Powell, and IDB, 2021: Opportunities for Stronger and Sustainable Postpandemic Growth: 2021 Latin American and Caribbean Macroeconomic Report. *Inter-American Development Bank*.
- Centre for Clean Air Policy, 2018: Organic waste management and emissions reduction in the Waste Sector. https://www.waste.ccacoalition.org/sites/default/files/2_organic_waste_management_gerardo_canales.pdf.

- Cesar, A. *et al.*, 2022: A Framework for the Fiscal Impact of Electromobility. (January). <https://publications.iadb.org/en/framework-fiscal-impact-electromobility>.
- Circular Economy Coalition, 2022: Circular Economy in Latin America and the Caribbean: Promoted By the Forum of Ministers of the Environment of Latin America and the Caribbean, Led By Four of Its Strategic Partner Organisations: The Ellen Macarthur Foundation; The Regional Programme E.
- Clarke, L. *et al.*, 2014: Assessing Transformation Pathways. In: Climate Change 2014: *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O. *et al.*, (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 413–510.
- Climate and Clean Air Coalition, 2022: Municipal Solid Waste Knowledge Platform. <https://www.waste.ccacoalition.org/tool>.
- Coffin, M., A. Dalman, and A. Grant, 2021: Beyond Petrostates: The Burning Need to Cut Oil Dependence in the Energy Transition—Carbon Tracker Initiative 2021. <https://carbontracker.org/reports/petrostates-energy-transition-report/>.
- Costanza, R. *et al.*, 2014: Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26(1), 152–158, doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
- Creutzig, F. *et al.*, 2018: Towards demand-side solutions for mitigating climate change. *Nature Climate Change*, 8(4), 268–271, doi:10.1038/s41558-018-0121-.
- Daehn, K. E., A. Cabrera Serrenho, and J. M. Allwood, 2017: How will copper contamination constrain future global steel recycling? *Environmental Science & Technology*, 51(11), 6599–6606, doi:10.1021/acs.est.7b00997.
- Davis, S. J. *et al.*, 2018: Net-zero emissions energy systems. *Science*, 9793(June), doi:10.1126/science.aas9793.
- DDPLAC, 2020: Policy lessons from the Deep Decarbonization Pathways in Latin America and the Caribbean Project (DDPLAC). https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/CatalogueIddri/Rapport/DDPLAC-dec2020_1.pdf.
- Delgado, R., H. Eguino, and A. Lopes, 2021: Fiscal Policy and Climate Change: Recent Experiences of Finance Ministries in Latin America and the Caribbean.
- DellaValle, N., and A. Zubaryeva, 2019: Can we hope for a collective shift in electric vehicle adoption? Testing salience and norm-based interventions in South Tyrol, Italy. *Energy Research and Social Science*, 55(November 2018), 46–61, doi:10.1016/j.erss.2019.05.005.
- DeMaio, P., 2009: Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future. *Journal of Public Transportation*, 12(4), 41–56, doi:10.5038/2375-0901.12.4.3.
- Douglas, M. J., S. J. Watkins, D. R. Gorman, and M. Higgins, 2011: Are cars the new tobacco? *Journal of Public Health*, 33(2), 160–169, doi:10.1093/pubmed/fdr032.
- Dowling, J. A. *et al.*, 2020: Role of long-duration energy storage in variable renewable electricity systems. *Joule*, 4(9), 1907–1928, doi:10.1016/j.joule.2020.07.007.
- Dumas, P., S. Wirsenius, and A. Vogt-Schilb, 2022: *Options to achieve net-zero emissions from agriculture and land use changes in Latin America and the Caribbean*, Interamerican Development Bank, Washington D.C.
- Dummett, Cassie, *et al.* Illicit harvest, complicit goods. The State of Illegal Deforestation for Agriculture. Report Forest Trends, 2021.
- Eclac (Economic Commission for Latin America and the Caribbean), 2021: Forest loss in Latin America and the Caribbean from 1990–2020: the statistical evidence. *Eclac Statistical Briefings. No. 2, July 2021*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47152/1/S2100265_en.pdf
- Ekins, P. *et al.*, 2019: The Circular Economy: What, Why, How and Where. *Background Background paper for an OECD/EC Workshop on 5 July 2019 within the workshop series “Managing environmental and energy transitions for regions and cities” Paris*, 1–89.
- Ellen MacArthur Foundation, 2021: Completing the Picture: How the circular economy tackles climate change 2021 Reprint. *Ellen MacArthur Foundation*, 3(26 September), 71.
- Ellen MacArthur Foundation, 2022: Regenerative agriculture around São Paulo: Connect the Dots. <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/connect-the-dots> (Accessed May 6, 2022).
- Ellen MacArthur Foundation, and Google, 2019: Artificial intelligence and the circular economy. <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>.
- Ernstberger, A. *et al.*, 2015: Decrease of morbidity in road traffic accidents in a high income country – An analysis of 24,405 accidents in a 21 year period. *Injury*, 46, S135–S143, doi:10.1016/S0020-1383(15)30033-4.
- Espa, I., and S. Rolland, 2015: *Subsidies, Clean Energy, and Climate Change*, Geneva, www.e15initiative.org.

- European Commission, 2020: *A new Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF.
- European Commission, 2021: European Citizens' Initiative: Commission to propose phasing out of cages for farm animals. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3297.
- European Commission *et al.*, 2021: Technical analysis of measures to improve consumer awareness of emissions and fuel consumption of vehicles. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/88148b8d-b91d-11eb-8aca-01aa75ed71a1/language-en>.
- European Environmental Agency, 2022: Waste recycling in Europe. <https://www.eea.europa.eu/ims/waste-recycling-in-europe>.
- European Transport Safety Council (ETSC), D. Adminaité-Fodor, and G. Jost, 2020: How safe is walking and cycling in Europe? PIN Flash Report 38. (January), 73. https://etsc.eu/wp-content/uploads/PIN-Flash-38_FINAL.pdf.
- FAO, 2009: Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation And Adaptation Potential Of Sustainable Farming Systems. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/282600/>.
- FAO, 2014: Food losses and waste in the context of sustainable food systems.
- FAO, 2017a: Livestock & climate change, 1–16.
- FAO, 2017b: *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*, 1–47.
- FAO, and UNEP, 2020: The State of the World's Forests 2020. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CA8642EN/>.
- FAO, UNDP, and UNEP, 2021: *A Multi-Billion-Dollar Opportunity*, 180.
- FAOSTAT, 2022: FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Fay, M. *et al.*, 2015: Decarbonizing development: Three steps to a zero-carbon future. *World Bank Group*, XXXIII(2), 81–87, doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- Fekete, H. *et al.*, 2021: A review of successful climate change mitigation policies in major emitting economies and the potential of global replication. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137(March 2020), doi:10.1016/j.rser.2020.110602.
- Fletcher, C. A., P. D. Hooper, and R. M. Dunk, 2018: Unintended consequences of secondary legislation: A case study of the UK landfill tax (qualifying fines) order 2015. *Resources, Conservation and Recycling*, 138(February), 160–171, doi:10.1016/j.resconrec.2018.07.011.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2018: *Strengthening national forest monitoring systems for REDD+*, 32.
- Food and Agriculture Organization (FAO) and FILAC, 2021: Forest governance by indigenous and tribal peoples. An opportunity for climate action in Latin America and the Caribbean. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb2953en>.
- Foster, J., A. Lowe, and S. Winkelmann, 2011: The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation (February).
- Fresán, U., S. Errendal, and W. J. Craig, 2020: Influence of the socio-cultural environment and external factors in following plant-based diets. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21), 1–13, doi:10.3390/su12219093.
- Fridstrom, L., 2019: Electrifying the vehicle fleet: Projections for Norway 2018–2050. <https://www.toi.no/publications/electrifying-the-vehicle-fleet-projections-for-norway-2018-2050-article35528-29.html>.
- Froggatt, A., L. Wellesley, and R. Bailey, 2014: Livestock – Climate Change's Forgotten Sector: Global Public Opinion on Meat and Dairy Consumption. *Chatham House Report*, <https://www.chathamhouse.org/2014/12/livestock-climate-changes-forgotten-sector-global-public-opinion-meat-and-dairy-consumption>.
- Garnett, S. T. *et al.*, 2018: A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability*, 1(7), 369–374, doi:10.1038/s41893-018-0100-6.
- Geels, F., S. Sharpe, and D. Victor, 2019: Accelerating the low carbon transition. *Department for Business, Energy & Industrial Strategy*, 99.
- Gerbens-Leenes, P. W., M. M. Mekonnen, and A. Y. Hoekstra, 2013: The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems. *Water Resources and Industry*, 1–2, 25–36, doi:10.1016/j.wri.2013.03.001.
- German Association of the Automotive Industry (VDA), 2021: Cross-sector consortium submits funding application for megawatt charging for commercial vehicles. <https://en.vda.de/en/press/press-releases/210303-Cross-sector-consortium-submits-funding-application-for-megawatt-charging-for-commercial-vehicles.html>.

- Gielen, D. *et al.*, 2019: The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24(January), 38–50, doi:10.1016/j.esr.2019.01.006.
- GIZ, 2021: Just Transition to a Green Economy: Employment, Economic, and Social Consequences of the Transition to an Ecologically Sustainable Economy in Developing Countries. <https://www.iisd.org/publications/just-transition-green-economy>.
- González-Mahecha, E., O. Lecuyer, M. Hallack, M. Bazilian, and A. Vogt-Schilb, 2019: Committed emissions and the risk of stranded assets from power plants in Latin America and the Caribbean. *Environmental Research Letters*, 14(12), doi:10.1088/1748-9326/ab5476.
- Gov of Costa Rica, 2019: National Decarbonization Plan - Government of Costa Rica 2018–2050. <https://unfcc.int/documents/204474>.
- Gov of Western Australia, 2022: Composting to avoid methane production. <https://www.agric.wa.gov.au/climate-change/composting-avoid-methane-production>.
- Grassi, G. *et al.*, 2017: The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change*, 7(3), 220–226, doi:10.1038/nclimate3227.
- Groves, D. G. *et al.*, 2020: The Benefits and Costs Of Decarbonizing Costa Rica's Economy: Informing the Implementation of Costa Rica's National Decarbonization Plan under Uncertainty, doi:10.18235/0002867.
- Habert, G. *et al.*, 2020: Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, doi:10.1038/s43017-020-0093-3.
- Hall, D., N. Pavlenko, and N. Lutsey, 2018: Beyond road vehicles: Survey of zero-emission technology options across the transport sector. *The International Council on Clean Transportation*, 22.
- Hallegatte *et al.*, 2016: *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*.
- Hull, A., and C. O'Holleran, 2014: Bicycle infrastructure: can good design encourage cycling? *Urban, Planning and Transport Research*, 2(1), 369–406, doi:10.1080/21650020.2014.955210.
- ICCT, M. Mourtak, N. Lutsey, and D. Hall, 2017: Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles. *The International Council on Clean Transportation*, (September), 53.
- IDB, 2017: Agricultural input subsidies and productivity: The case of Paraguayan farmers. (April), 1–26.
- IDB, 2018: Agricultural Support Policies in Latin America and the Caribbean: 2018 Review, doi:10.18235/0001191.
- IDB 2018a: Environment and Biodiversity Sector Framework Document. <https://www.iadb.org/en/sector/agriculture/sector-framework>
- IDB, 2019: Agriculture Sector Framework. <https://www.iadb.org/en/sector/agriculture/sector-framework> (Accessed May 6, 2022).
- IDB, 2021a: Impacto fiscal de la descarbonización del transporte en Costa Rica y opciones de política para manejarlo. <https://publications.iadb.org/es/impacto-fiscal-de-la-descarbonizacion-del-transporte-en-costa-rica-y-opciones-de-politica-para>.
- IDB, 2021b: Urban road congestion in Latin America and the Caribbean: characteristics, costs, and ____.
- IDB, and DDPLAC, 2019: Getting to Net-Zero Emissions: Lessons from Latin America and the Caribbean. (December), doi:10.18235/0002024.
- IDDRI, 2021a: Climate ambition beyond emission numbers: Taking stock of progress by looking inside countries and sectors. (September). <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/report/climate-ambition-beyond-emission-numbers-taking->
- IDDRI, 2021b: Mitigation ambition in motion: How closer to the 1.5°C goal after COP26? <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/blog-post/mitigation-ambition-motion-how-closer-15degc-goal-after-cop26>.
- IEA, 2013a: Technology Roadmap. Energy efficient building envelopes. *Oecd*, 68.
- IEA, 2013b: *Transition to Sustainable Buildings*.
- IEA, 2016: Energy and Air Pollution: World Energy Outlook Special Report, doi:10.1016/B978-0-12-809597-3.00127-9.
- IEA, 2017: Energy Technology Perspectives 2017 - Catalyzing Energy Technology Transformations. <http://www.iea.org/etp2017/>.
- IEA, 2018: 20 Renewable Energy Policy Recommendations. <https://www.iea.org/reports/20-renewable-energy-policy-recommendations>.
- IEA, 2019a: Material efficiency in clean energy transitions, doi:10.1787/aeaaccd8-en.
- IEA, 2019b: Heating and Cooling Strategies in the Clean Energy Transition. <https://www.iea.org/reports/heating-and-cooling-strategies-in-the-clean-energy-transition>.

- IEA, 2020a: Renewables 2020, doi:10.1002/peng.20026.
- IEA, 2020b: World Energy Outlook 2020 - event, IEA.
- IEA, 2020c: *Energy Efficiency 2020*, Paris, France, <https://websto.re.iea.org/download/direct/4259>.
- IEA, 2020d: *Energy Technology Perspectives (ETP) Clean Energy Technology Guide*.
- IEA, 2021a: Global Energy Review 2021. *Global Energy Review 2021*, 1–36.
- IEA, 2021b: *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris, France, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- IEA, 2021c: Electricity demand growth in Latin America, 2021–2040. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electricity-demand-growth-in-latin-america-2021-2040> (Accessed May 6, 2022).
- IEA, 2021d: *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*.
- IEA, 2021e: Building Envelopes. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/building-envelopes>.
- IEA, 2022a: Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales. <https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales> (Accessed May 6, 2022).
- IEA, 2022b: Heat Pumps. <https://www.iea.org/reports/heat-pumps>.
- IEA, 2022c: Energy subsidies: Tracking the impact of fossil-fuel subsidies & case studies for reform. <https://www.iea.org/topics/energy-subsidies>.
- IEA, and OECD, 2019: Global EV Outlook 2019 to electric mobility. *OECD iea.org*, 232.
- IEA, and IMF, 2020: Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report. *World Energy Outlook*, 185.
- IFC, 2015: Hydroelectric Power: A Guide for Developers and Investors, 145–152, doi:10.1002/9781119204442.ch16.
- ILO, 2018: *World Employment and Social Outlook: Greening with jobs*. 1–190.
- IMF, 2022: Climate Change: Fossil Fuel Subsidies. <https://www.imf.org/en/Topics/climate-change/energy-subsidies>.
- Inkinen, T., and E. Hämäläinen, 2020: Reviewing truck logistics: Solutions for achieving low emission road freight transport. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 1–11, doi:10.3390/SU12176714.
- IPBES, 2019: *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*, 680–681.
- IPCC, 2021: *Summary for Policymakers*.
- IPCC, 2022: Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers (SPM). *Cambridge University Press*.
- IPCC et al., 2014: Transport. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O. et al., (eds.)].
- IRENA, 2015: Renewable energy in the water, energy and food nexus. *International Renewable Energy Agency*, (January), 1–125.
- IRENA, 2017: Accelerating Off-grid Renewable Energy: Key Findings and Recommendations from IORECA 2016. *Irena*, 1–24.
- IRENA, 2018: *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*, 2771–2786.
- IRENA, 2019a: A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation. <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/A-New-World-The-Geopolitics-of-the-Energy-Transformation>.
- IRENA, 2019b: *IRENA (2019), Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050*. 52, 10–23.
- IRENA, 2020a: *Renewable Power Generation Costs in 2020*, 160.
- IRENA, 2020b: *Power system organisational structures for the renewable energy era*, 36.
- IRENA, 2020c: Green bonds - Renewable Energy Finance Brief 03. (January), 16.
- IRENA, 2020d: *Renewable Power Generation Costs in 2019*, 160.
- IRENA, 2020e: Virtual Power Lines Innovation Landscape Brief.
- IRENA, 2021: *World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway*, 1–312.
- IRENA, and China State Grid Co., 2019: Electrification with Renewables: Driving the transformation of energy services, 20.

- IRENA, and ILO, 2021: Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2021. (May). <https://irena.org/publications/2021/Oct/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2021>.
- ITF-OECD, 2018: Decarbonising Maritime Transport Case-specific Policy Analysis.
- ITF, 2020: Regulations and Standards for Clean Trucks and Buses: On the Right Track? *International Transport Forum Policy Papers*, 77, 69.
- ITF, 2021: ITF Transport Outlook: Executive Summary, 4.
- ITF - OECD, 2021: Cleaner Vehicles Achieving a Resilient Technology Transition, 120. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cleaner-vehicles-technology-transition.pdf>.
- IUCN, 2021: *The Latin America and Caribbean Protected Planet Report 2020*. <https://www.iucn.org/news/protected-areas/202104/latin-america-and-caribbean-protected-planet-report-2020>.
- IUCN, 2021b: Forests and climate change. <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/forests-and-climate-change#:~:text=Forests are a stabilising force,climate change is two-fold>.
- Jalava, M. et al., 2016: Diet change and food loss reduction: What is their combined impact on global water use and scarcity? *Earth's Future*, 4(3), 62–78, doi:10.1002/2015EF000327.
- Jaramillo, M., and V. Saavedra, 2021: NDC Invest: Supporting Transformational Climate Policy and Finance. *NDC Invest: Supporting Transformational Climate Policy and Finance*, doi:10.18235/0003340.
- Jenkins, J. D., M. Luke, and S. Thernstrom, 2018: Getting to zero carbon emissions in the electric power sector. *Joule*, 2(12), 2498–2510, doi:10.1016/j.joule.2018.11.013.
- Kaack, L. H., P. Vaishnav, M. G. Morgan, I. L. Azevedo, and S. Rai, 2018: Decarbonizing intraregional freight systems with a focus on modal shift. *Environmental Research Letters*, 13(8), doi:10.1088/1748-9326/aad56c.
- Kaza, S., L. Yao, P. Bhada-Tata, and F. Van Woerden, 2018: *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.
- Khaleghi, M. R., 2017: The influence of deforestation and anthropogenic activities on runoff generation. *Journal of Forest Science*, 63(6), 245–253, doi:10.17221/130/2016-JFS.
- Krogstrup, S., and W. Oman, 2019: Macroeconomic and financial policies for climate change mitigation: A review of the literature (WP/19/185). *International Monetary Fund*, 58. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/09/04/Macroeconomic-and-Financial-Policies-for-Climate-Change-Mitigation-A-Review-of-the-Literature-48612>.
- Lamb, W., T. Wiedmann, J. Pongratz, and Etc., 2021: A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. *Environmental Research Letters*.
- Leard, B., 2021: Federal Climate Policy 104: The Transportation Sector. (March), 1–16.
- Lechtenböhmer, S., L. J. Nilsson, M. Ahman, and C. Schneider, 2016: Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification - Implications for future EU electricity demand. *Energy*, 115, 1623–1631, doi:10.1016/j.energy.2016.07.110.
- Lefevre, B. J., and IDB, 2021: Lecciones aprendidas en la implementación de modelos de negocio para la masificación de buses eléctricos en Latinoamérica y el Caribe Lecciones aprendidas en la implementación de modelos de negocio para la masificación de buses eléctricos en Latinoamérica.
- Lilliestam, J., A. Patt, and G. Bersalli, 2021: The effect of carbon pricing on technological change for full energy decarbonization: A review of empirical ex-post evidence. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(1), 1–21, doi:10.1002/wcc.681.
- Liu, Y., R. Zhang, J. Wang, and Y. Wang, 2021: Current and future lithium-ion battery manufacturing. *iScience*, 24(4), 102332, doi:10.1016/j.isci.2021.102332.
- Llera, E., S. Scarpellini, A. Aranda, and I. Zabalza, 2013: Forecasting job creation from renewable energy deployment through a value-chain approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 262–271, doi:10.1016/j.rser.2012.12.053.
- Lohrmann, A., J. Farfan, U. Caldera, C. Lohrmann, and C. Breyer, 2019: Global scenarios for significant water use reduction in thermal power plants based on cooling water demand estimation using satellite imagery. *Nature Energy*, 4(12), 1040–1048, doi:10.1038/s41560-019-0501-4.
- Madeddu, S. et al., 2020: The CO2 reduction potential for the European industry via direct electrification of heat supply (power-to-heat). *Environmental Research Letters*, IN press, 28, doi:https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd02.

- Markandya, A., and P. Wilkinson, 2007: Electricity generation and health. *The Lancet*, 370.9591, 970–990.
- Martin, A., M. Suhrcke, and D. Ogilvie, 2012: Financial incentives to promote active travel: An evidence review and economic framework. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(6), e45–e57, doi:10.1016/j.amepre.2012.09.001.
- Mattioli, G., C. Roberts, J. K. Steinberger, and A. Brown, 2020: The political economy of car dependence: A systems of provision approach. *Energy Research and Social Science*, 66(February), 101486, doi:10.1016/j.erss.2020.101486.
- McKinsey, 2022: Building the electric-vehicle charging infrastructure America needs. <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/building-the-electric-vehicle-charging-infrastructure-america-needs>.
- Mekonnen, M. M., and W. Gerbens-Leenes, 2020: The water footprint of food, 4.
- Ministerio de Energía Gobierno de Chile, 2021: *Planificación Energética de Largo Plazo - Proyectando Juntos El Futuro Energético de Chile. Informe preliminar*. <http://pelp.minenergia.cl/informacion-del-proceso/resultados>.
- Minx, J. C. *et al.*, 2021: Gas Emissions By Sector 1970–2019. *Earth System Science Data*, (July), 1–63.
- Mohammad, A. G., and M. A. Adam, 2010: The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. *Catena*, 81(2), 97–103, doi:10.1016/j.catena.2010.01.008.
- Murphy, P. M., S. Twaha, and I. S. Murphy, 2014: Analysis of the cost of reliable electricity: A new method for analyzing grid connected solar, diesel and hybrid distributed electricity systems considering an unreliable electric grid, with examples in Uganda. *Energy*, 66, 523–534, doi:10.1016/j.energy.2014.01.020.
- Neff, J., C. Bataille, and B. Shaeffer, 2021: The Role of Hydrogen in Decarbonizing Alberta's Electricity System. 14(31), 1–9. <https://www.policyschool.ca/publications/>.
- Net Zero Tracker, 2022: Net Zero Tracker. <https://zerotracker.net/>.
- New Climate Institute, 2020: A radical transformation of mobility in Europe: Exploring the decarbonisation of the transport sector by 2040. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/09/TransportRoadmap_Report_September2020.pdf.
- O'Neill, J. *et al.*, 2020: Pathways to Building Sector Decarbonization: A Focus on Net-Zero Carbon Buildings. *University of Maryland School of Public Policy Center for Global Sustainability*, (August).
- OECD/IEA, 2021: Update on Recent Progress in Reform of Inefficient Fossil Fuel Subsidies That. (July).
- OECD, 2020: *Transport Bridging Divides*, 1–24.
- OECD, 2021: *Transport Strategies for Net-Zero Systems by Design*.
- PACE, 2021: Circular Economy Action Agenda - Food. https://pacecircular.org/sites/default/files/2021-02/circular-economy-action-agenda-food_0.pdf.
- Parry, I., S. Black, and N. Vernon, 2021: *Still Not Getting Energy Prices Right: A Global and Country Update of Fossil Fuel Subsidies*.
- Philibert, C., 2017: Renewable energy for industry: From green energy to green materials and fuels. *International Energy Agency*.
- Pincetl, S., and E. Gearin, 2005: The reinvention of public green space. *Urban Geography*, 26(5), 365–384, doi:10.2747/0272-3638.26.5.365.
- Piñeiro, V. *et al.*, 2020: A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809–820, doi:10.1038/s41893-020-00617-y.
- Quiros-Tortos, J., L. Victor-Gallardo, and L. Ochoa, 2019: Electric vehicles in Latin America: Slowly but surely toward a clean transport. *IEEE Electrification Magazine*, 7(2), 22–32, doi:10.1109/MELE.2019.2908791.
- Ribeiro, H. V., D. Rybski, and J. P. Kropp, 2019: Effects of changing population or density on urban carbon dioxide emissions. *Nature Communications*, 10(1), 1–9, doi:10.1038/s41467-019-11184-y.
- Rissman, J. *et al.*, 2020: Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Applied Energy*, 266 (November 2019), 114848, doi:10.1016/j.apenergy.2020.114848.
- RMI, 2020: Gas Stoves: Health and Air Quality Impacts and Solutions. <https://rmi.org/insight/gas-stoves-pollution-health>.
- Road Freight Zero, Mission Possible, and WEF, 2021: Road Freight Zero: Pathways to faster adoption of zero-emission trucks. (October). https://www3.weforum.org/docs/WEF_RFZ_Pathways_to_faster_adoption_of_zero_emission_trucks_2021.pdf.

- Rochedo, P. R. R. *et al.*, 2018: The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*, 8(8), 695–698, doi:10.1038/s41558-018-0213-y.
- Röck, M. *et al.*, 2020: Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, 258, 114107, doi:10.1016/j.apenergy.2019.114107.
- Rockström, J. *et al.*, 2017: A Roadmap for Rapid Decarbonization. *Science*, 355(6331), 1–2.
- Roelfsema, M. *et al.*, 2018: Reducing global GHG emissions by replicating successful sector examples: the ‘good practice policies’ scenario. *Climate Policy*, 18(9), 1103–1113, doi:10.1080/14693062.2018.1481356.
- Rogelj, J. *et al.*, 2019: A new scenario logic for the Paris Agreement long-term temperature goal. *Nature*, 573(7774), 357–363, doi:10.1038/s41586-019-1541-4.
- Saget, C., A. Vogt-Schilb, and T. Luu, 2020: *Jobs in a Net-Zero Emissions Future in Latin America and the Caribbean*.
- Sartor, O., and C. Bataille, 2019: *IDDR Policy Brief: Decarbonising basic materials in Europe: How Carbon Contracts-for-Difference could help bring breakthrough technologies to market*. <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/study/decarbonising-basic-materials-europe>.
- Scholl, L., A. Guerrero, O. Quintanilla, and M. Celse L’Hoste, 2021: Approach paper: Comparative Case Studies: IDB Supported Urban Transport Projects. *Inter American Development Bank (IDB)*, <https://publications.iadb.org/en/approach-paper-comparative-case-studies-idb-supported-urban-transport-projects>.
- Scrivener, K. L., V. M. John, and E. M. Gartner, 2018: Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research*, 114(February), 2–26, doi:10.1016/j.cemconres.2018.03.015.
- Searchinger, T. *et al.*, 2019: Creating a sustainable food future. A menu of solutions to sustainably feed more than 10 billion people by 2050. *World Resources Institute*, (July).
- Searchinger, T. D., S. Wiersenius, T. Beringer, and P. Dumas, 2018: Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature*, 564(7735), 249–253, doi:10.1038/s41586-018-0757-z.
- SEI, IISD, ODI, E3G, and UNEP, 2021: The production gap report 2021: Governments’ planned fossil fuel production remains dangerously out of sync with Paris Agreement limits, doi:10.1049/ep.1978.0323.
- Sepulveda, N. A., J. D. Jenkins, F. J. de Sisternes, and R. K. Lester, 2018: The role of firm low-carbon electricity resources in deep decarbonization of power generation. *Joule*, 2(11), 2403–2420, doi:10.1016/j.joule.2018.08.006.
- Shangguan, S., A. Afshin, M. Shulkin, F. Imamura, and D. Mozaffarian, 2019: A Meta-analysis of Food Labeling Effects on Consumer Diet Behaviors and Industry Practices. [https://www.ajpmonline.org/article/S0749-3797\(18\)32357-2/fulltext](https://www.ajpmonline.org/article/S0749-3797(18)32357-2/fulltext).
- Shoup, D., 2021: *The high cost of free parking*, Routledge.
- Sohail, M., D. Maunder, and S. Cavill, 2006: Effective regulation for sustainable public transport in developing countries. *Transport Policy*, 13(3), 177–190.
- Solano-Rodríguez, B. *et al.*, 2021: Implications of climate targets on oil production and fiscal revenues in Latin America and the Caribbean. *Energy and Climate Change*, 2(May), 100037, doi:10.1016/j.egycc.2021.100037.
- Statista, 2019: Number of deaths attributable to air pollution exposure in Latin America and the Caribbean in 2019, by country. <https://www.statista.com/statistics/868789/number-deaths-air-pollution-latin-america-caribbean-country/> 233000/year 2019.
- Suhrcke, M. *et al.*, 2006: The contribution of health to the economy in the European Union. *Public Health*, 120(11), 994–1001, doi:10.1016/j.puhe.2006.08.011.
- Sustainable Mobility for All, 2017: Global Mobility Report 2017: Tracking Sector Performance. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28542>.
- TDA, 2018: Decarbonising transport by 2050. (December).
- Testa, F., E. Annunziata, F. Iraldo, and M. Frey, 2016: Drawbacks and opportunities of green public procurement: An effective tool for sustainable production. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1893–1900, doi:10.1016/j.jclepro.2014.09.092.
- Tilman, D., and M. Clark, 2014: Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518–522, doi:10.1038/nature13959.
- Timperley, J., 2021: Why fossil fuel subsidies are so hard to kill. *Nature*, 598(7881), 403–405, doi:10.1038/d41586-021-02847-2.
- Tong, D. *et al.*, 2019: Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 °C climate target. *Nature*, 572(7769), 373–377, doi:10.1038/s41586-019-1364-3.

- Trollip, H., B. McCall, and C. Bataille, 2022: How green primary iron production in South Africa could help global decarbonization. *Climate Policy*, 22(2), 236–247, doi:10.1080/14693062.2021.2024123.
- UNEP, 2021a: Environmental and health impacts of pesticides and fertilizers and ways of minimizing them - Summary for Policy Makers. <https://www.unep.org/resources/report/environmental-and-health-impacts-pesticides-and-fertilizers-and-ways-minimizing>.
- UNEP, 2021b: *Progress on integrated water resources management*.
- UNEP, and IUCN, 2021: *Nature-based solutions for climate change mitigation*, 42.
- UNEP-WCMC, and IUCN, 2021: *Protected Planet Report 2020*. <https://www.unep.org/resources/protected-planet-report-2020>
- UNFCCC, 2015: Paris Agreement. *Conference of the Parties on its twenty-first session*, 21932 (December), 32, doi:FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.
- UNFCCC, 2022: Communication of Long Term Strategies. <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>.
- UNIDO, 2021: Clean Energy Ministerial - Industrial Deep Decarbonization Initiative (IDDI). <https://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/industrial-deep-decarbonisation-initiative>.
- Van Der Werf, G. R. *et al.*, 2017: Global fire emissions estimates during 1997–2016. *Earth System Science Data*, 9(2), 697–720, doi:10.5194/essd-9-697-2017.
- Vogl, V., M. Åhman, and L. J. Nilsson, 2018: Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. *Journal of Cleaner Production*, 203, 736–745, doi:10.1016/j.jclepro.2018.08.279.
- Vogt-Schilb, A., and S. Hallegatte, 2017: Climate policies and nationally determined contributions: Reconciling the needed ambition with the political economy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 6(6), e256, doi:10.1002/wene.256.
- Vogt-Schilb, A., S. Hallegatte, and C. de Gouvello, 2015: Marginal abatement cost curves and the quality of emission reductions: a case study on Brazil. *Climate Policy*, 15(6), 703–723, doi:10.1080/14693062.2014.953908.
- Vogt-Schilb, A. *et al.*, 2019: Cash transfers for pro-poor carbon taxes in Latin America and the Caribbean. *Nature Sustainability*, 2(10), 941–948, doi:10.1038/s41893-019-0385-0.
- Vohra, K. *et al.*, 2021: Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. *Environmental Research*, 195 (July 2019), 110754, doi:10.1016/j.envres.2021.110754.
- Waisman, H. *et al.*, 2019: A pathway design framework for national low greenhouse gas emission development strategies. *Nature Climate Change*, 9(April), doi:10.1038/s41558-019-0442-8.
- WEF, 2019: Traffic congestion cost the US economy nearly \$87 billion in 2018. <https://www.weforum.org/agenda/2019/03/traffic-congestion-cost-the-us-economy-nearly-87-billion-in-2018/>.
- Wegman, F., F. Zhang, and A. Dijkstra, 2012: How to make more cycling good for road safety? *Accident Analysis and Prevention*, 44(1), 19–29, doi:10.1016/j.aap.2010.11.010.
- Welsby, D., B. S. Rodriguez, S. Pye, and A. Vogt-schilb, 2021: High and dry: Stranded natural gas reserves and fiscal revenues in Latin America and the Caribbean. (October).
- Wesseling, J. H., J. C. M. Farla, and M. P. Hekkert, 2015: Exploring car manufacturers' responses to technology-forcing regulation: The case of California's ZEV mandate. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 87–105, doi:10.1016/j.eist.2015.03.001.
- WFP, 2021: 11 facts about food loss and waste – and how it links to sustainable food systems. <https://www.wfp.org/stories/11-facts-about-food-loss-and-waste-and-how-it-links-sustainable-food-systems>.
- Williams, D., T. Chatterton, and G. Parkhurst, 2012a: Using disruption as an opportunity to change travel practices. *1st International Conference on Urban Sustainability and Resilience*, 14 <https://uwe-repository.worktribe.com/output/942047/using-disruption-as-an-opportunity-to-change-travel-practices>.
- Williams, J. H. *et al.*, 2012b: The technology path to deep greenhouse gas emissions cuts by 2050: The pivotal role of electricity. *Science* (New York, N.Y.), 335(6064), 53–59, doi:10.1126/science.1208365.
- Williams, J. H. *et al.*, 2021: Carbon-neutral Pathways for the United States. *AGU Advances*, 2(1), doi:10.1029/2020av000284.
- World Bank, 2019: GREEN YOUR BUS RIDE Clean Buses in Latin America Summary report. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/410331548180859451/pdf/133929-WP-PUBLIC-P164403-Summary-Report-Green-Your-Bus-Ride.pdf>.

- World Bank, and IHME, 2016: *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*, Washington D.C., USA, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25013>.
- World Bank Group, ESMAP, and MECS, 2020: Cooking with electricity: A cost perspective. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34566>.
- World Economic Forum, 2021: In France, you could soon swap your old car for an electric bike. <https://www.weforum.org/agenda/2021/04/green-french-initiative-offers-grant-in-exchange-for-old-cars/>.
- WRI, 2021: Climate Watch Historical GHG Emissions. https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2018&start_year=1990
- WRI, 2022a: Is Behavioral Science the Secret Ingredient for Effective Climate Action? <https://www.wri.org/insights/behavioral-science-effective-climate-action>.
- WRI, 2022b: Wastewater: The Best Hidden Energy Source You've Never Heard Of. <https://www.wri.org/insights/waste-water-best-hidden-energy-source-youve-never-heard>.
- WWF, 2021: Driven to waste: The global impact of food loss and waste on farms. https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/driven_to_waste___the_global_impact_of_food_loss_and_waste_on_farms.pdf.
- Yañez-Pagans, P., D. Martinez, O. A. Mitnik, L. Scholl, and A. Vazquez, 2019: Urban transport systems in Latin America and the Caribbean: lessons and challenges. *Latin American Economic Review*, 28(1), 15, doi:10.1186/s40503-019-0079-z.
- Zink, T., and R. Geyer, 2019: Material Recycling and the Myth of Landfill Diversion. *Journal of Industrial Ecology*, 23(3), 541–548, doi:10.1111/jiec.12808.

Il est nécessaire de réduire les émissions nettes à zéro pour limiter le réchauffement de la planète bien en dessous de 2 °C et vers 1,5 °C, qui sont les objectifs de température de l'Accord de Paris. Plus de 50 pays dans le monde ont fixé des objectifs pour parvenir à zéro émission nette, généralement d'ici 2050, et la plupart des autres pays travaillent sur des objectifs similaires. La réalisation de ces objectifs nécessite des transformations dans les secteurs de l'électricité, des transports, de l'agriculture, de l'utilisation des sols, des bâtiments, de l'industrie et de la gestion des déchets. Bien qu'il existe des solutions pour passer à une économie neutre en carbone, notamment des changements technologiques et comportementaux, et qu'ils s'accompagnent souvent d'avantages économiques, sociaux ou développementaux, de nombreux obstacles empêchent leur mise en œuvre. Nous réunissons des conclusions issues de la littérature académique et grise pour identifier 15 transformations sectorielles qui permettront de réduire à zéro les émissions nettes de gaz à effet de serre. Nous énumérons ensuite les obstacles qui empêchent leur adoption, tels que les obstacles liés aux infrastructures, aux réglementations, aux finances publiques et privées, à l'information et aux questions d'économie politique. Enfin, nous fournissons plus de 50 exemples d'interventions gouvernementales au niveau sectoriel qui peuvent lever ces obstacles, comme la construction d'infrastructures, la réforme des réglementations et des subventions, la fourniture d'informations et le renforcement des capacités, et la gestion des impacts distributifs. Les gouvernements peuvent utiliser ces informations pour guider la conception de stratégies climatiques globales qui traduisent l'objectif à long terme de zéro émission nette en une feuille de route des transformations requises dans chaque secteur. Ils peuvent ensuite travailler à l'identification et à la mise en œuvre d'interventions gouvernementales aux niveaux national, régional ou local pour les rendre possibles.