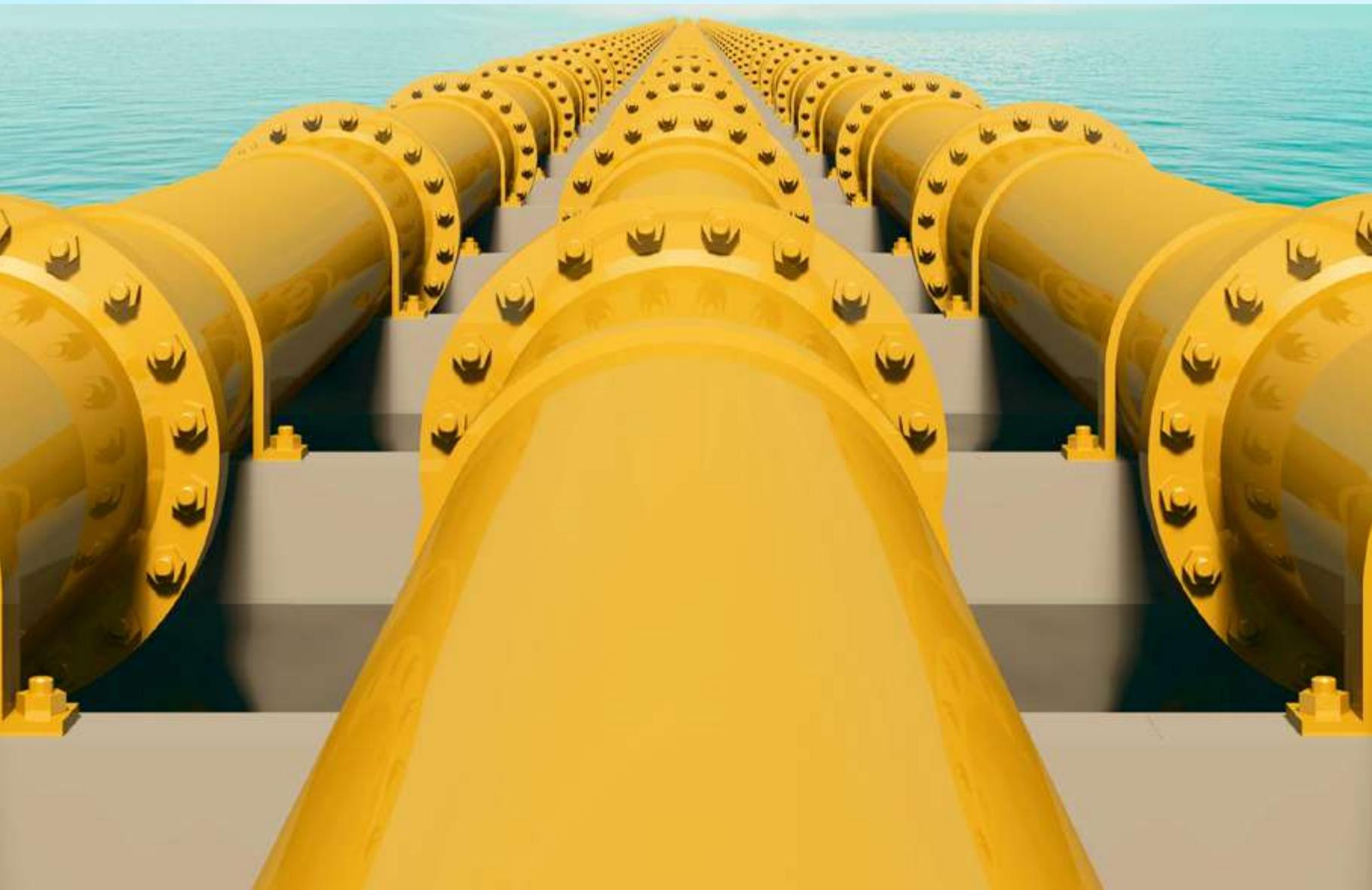




CLIMATE  
CHANGE

BILAN MONDIAL  
DE L'ACTION CLIMAT  
PAR SECTEUR  
**2022**





PUBLIÉ PAR L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE  
DÉCEMBRE 2022

Citation

**OBSERVATOIRE DE L'ACTION CLIMAT NON-ÉTATIQUE (2022). BILAN MONDIAL DE L'ACTION CLIMAT PAR SECTEUR 2022. CLIMATE CHANCE**

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les données utilisées sont de la responsabilité de la source citée, l'Association Climate Chance ne peut être tenue responsable de leur inexactitude.

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

Ronan Dantec, *président de Climate Chance*

**ÉQUIPE DE L'OBSERVATOIRE**

Antoine Gillod, *directeur*  
Tania Martha Thomas, *chargée de recherche*  
Ophélie Cuvillard, *assistante de recherche*  
Mélaïne Assè-Wassa Sama, *chargée de projet*  
*Observatoire Afrique*

**RÉDACTEURS**

Anne Barre, Anna Samwell (WECE); Edgardo Bilsky (CGLU); Grégoire Brethome, Amandine Martinet (Construction 21); Yann Briand (IDDRI); Sébastien Delpont (Greenflex); Anna Faucher, Louison Lancon, Jean-Baptiste Wolff (Let's Food); Virginie Hugues (consultante); Julien Joubert, Anousheh Parsaei (Energy Cities); Charlene Kouassi (Movin'On Lab); Samuel Laval (Ministère de la transition énergétique); Nicolás E. Obando Salgado (consultant); Anaïs Padilla, Marie-Noëlle Reboulet (Geres); Aude Valade (CIRAD)

**REMERCIEMENTS POUR LEURS CONSEILS ET RELECTURES**

Émilie Alberola, Anouk Faure, Mathieu Salel (EcoAct); Alexis Chabanne (Ministère de la transition énergétique); Gilles Dufresnes (Carbon Market Watch); César Dugast et Arthur Pivin (Carbone4); Elizabeth Goldman (Global Forest Watch); Vivian Depoues (I4CE); Stephanie Hagen, Shashwati Shankar (Autonomy); Marie-Ange Kalenga (Fern); Harold Levrel (CIRED, AgroParis Tech); Christine Moro (membre de Climate Chance); Florence Palla (Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale); Lois Panchèvre (Eramet); Amaury Parelle (Transitions-DD); Saverio Ragazzi, Lucas Winkelmann (Geres); Nora Steurer (GlobalABC)

**TRADUCTION ANGLAISE**

Solten Group  
Anne-Marie Harper  
Tania Martha Thomas

**GRAPHISME**

Elaine Guillemot ● LATELIERDELESTUAIRE.COM  
Hewan Goethals

**PARTENAIRE DONNÉES**

Enerdata

**CRÉDIT PHOTO**

Shutterstock

**CLIMATE CHANCE**

Depuis 2015, l'association Climate Chance crée un environnement favorable au renforcement de l'action climat et contribue à l'atteinte des objectifs de l'accord de Paris. Il s'agit de la seule association internationale se proposant de réunir l'ensemble des acteurs non-étatiques reconnus par La Convention-Cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) – collectivités locales, entreprises, ONG, syndicats, communauté scientifique, représentants du monde agricole, de la jeunesse, des peuples autochtones et des femmes – pour faire émerger des priorités et propositions communes et pour renforcer des dynamiques d'acteurs par la mise en relation au sein de coalitions thématiques, lors des Sommets Climate Chance, et par le biais du Portail de l'action.

**L'OBSERVATOIRE ET LE BILAN SECTORIEL**

Dans le but de renforcer l'action des acteurs non-étatiques et de crédibiliser les scénarios de stabilisation du climat, l'association Climate Chance a lancé en 2018 un Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, qui se donne comme objectif d'expliquer les évolutions des émissions de gaz à effet de serre, en croisant les politiques publiques nationales avec les dynamiques sectorielles, les stratégies des acteurs privés, les politiques publiques locales et les actions entreprises par les acteurs des territoires.

Publication phare de l'Observatoire, le Bilan sectoriel propose une synthèse unique au niveau mondial des tendances d'action à l'œuvre pour expliquer l'évolution des émissions dans les secteurs de l'énergie, des transports, du bâtiment, de l'industrie, des déchets, et de l'usage des sols.

**L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE ET SON OBSERVATOIRE SONT SOUTENUS PAR**



# BILAN MONDIAL DE L'ACTION CLIMAT PAR SECTEUR

2022



Le Bilan mondial de l'action climat est un rapport de synthèse des publications disponibles sur l'action climat, et qui s'appuie sur les contributions d'experts et d'organisations spécialisées. Cette cinquième édition retrace l'évolution des émissions et de l'action climat de l'année 2021 jusqu'au premier semestre 2022. Cette année, un dossier spécial sur la compensation carbone enrichit les analyses. En partant de données objectives sur les émissions et les actions réalisées [INDICATEURS], l'Observatoire analyse les tendances récentes de l'action des entreprises, des collectivités et de l'ensemble des organisations de la société civile qui permettent d'expliquer les évolutions des émissions [TENDANCES]. Il met en avant des initiatives remarquables [CAS D'ÉTUDE] qui permettent d'identifier les leviers les plus efficaces pour avancer vers une société bas carbone. Enfin, il traque dans l'actualité internationale les signaux faibles de l'action [SIGNAUX], qui préfigurent aujourd'hui les tendances de demain.



## ÉNERGIE.....13

### INDICATEURS .....14

La crise énergétique étouffe les ambitions de transition vers un mix bas carbone

### TENDANCES .....16

**ÉNERGIES FOSSILES** • La croissance des renouvelables encore insuffisante pour nourrir l'insatiable appétit énergétique de la reprise économique

**RENOUVELABLES** • L'Afrique poursuit son développement des énergies renouvelables, malgré quelques obstacles

**ADAPTATION** • Entre relance des fossiles et sobriété d'urgence, le douloureux apprentissage de l'adaptation des réseaux électriques

### SIGNAUX.....43

### CAS D'ÉTUDE.....45

**GÉORGIE** • Des communautés énergétiques inclusives dans les régions rurales

**MALI** • Accéder à une énergie « propre » grâce aux mini-réseaux solaires décentralisés

**CAMBODGE** • Une chaîne de valeur du charbon de bois durable pour lutter contre la déforestation



## TRANSPORT .....50

### INDICATEURS .....51

Dans la course à la décarbonation des transports, les émissions sont plus rapides

### TENDANCES .....53

**ROUTIER** • Les métaux, précieux carburant du marché automobile dans la course à l'électrification

**AVIATION** • Le trafic aérien redécolle, la transition reste sur le tarmac

**TRANSPORT MARITIME** • La transition énergétique du transport maritime international reste à quai

**RAIL** • Le rail ferraille face aux vagues de chaleur

**TRANSPORT URBAIN** • Au-delà de la motorisation, les villes réorganisent l'espace urbain pour une mobilité bas carbone

### SIGNAUX.....95

### CAS D'ÉTUDE.....97

**ARGENTINE** • Buenos Aires : valoriser les données environnementales pour promouvoir la mobilité douce

**ESPAGNE** • Barcelone : Sant Antoni, la rue verte qui inspire la ville

**ZIMBABWE** • Mobility for Africa : favoriser l'accès à la mobilité durable et électrique en milieu rural pour l'autonomisation des femmes



## BÂTIMENT .....102

### INDICATEURS .....103

En chantier, le bâtiment bas carbone campe sur des fondations fossiles

### TENDANCES .....105

**ADAPTATION** • Les acteurs de l'immobilier revoient leurs fondations pour s'adapter aux changements climatiques

**BÂTIMENTS COMMERCIAUX** • De l'efficacité à la production d'énergies renouvelables : les surfaces commerciales en quête de renouveau au service de la transition bas carbone

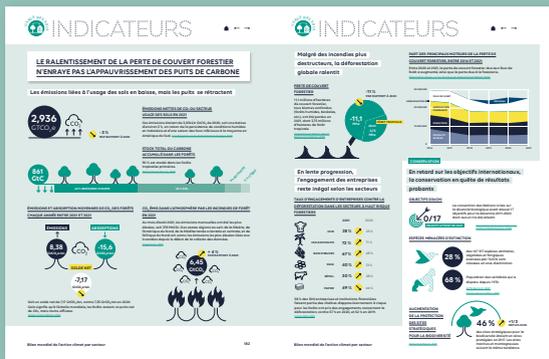
### SIGNAUX.....123

### CAS D'ÉTUDE.....125

**AUTRICHE** • Vienne : abandonner progressivement le chauffage fossile pour décarboner les bâtiments

**INDONÉSIE** • Miser sur des toits réfléchissants pour s'émanciper de la climatisation

**FRANCE** • Angers : EnergieSprong, un projet industrialisé de rénovation zéro énergie levier pour la massification



**INDICATEURS**  
*Une infographie pour comprendre en une double-page l'évolution des émissions d'un secteur et de ses principaux moteurs de transition*



**TENDANCES**  
*Des analyses détaillées des principales tendances de l'action climat des acteurs non-étatiques qui ont marqué l'année écoulée*



**SIGNAUX**  
*Un tour du monde des initiatives des changements de réglementation et des transformations de marché qui préfigurent aujourd'hui les tendances de l'action climat de demain*



**CAS D'ÉTUDE**  
*Des illustrations concrètes de politiques publiques et de projets de terrain mise en œuvre pour réduire les émissions, s'adapter au changement climatique et atteindre les ODD*



**DÉCHETS** ..... 130

**INDICATEURS** ..... 131

La réorganisation des flux des déchets et des ressources peine à prendre une trajectoire circulaire

**TENDANCES** ..... 133

**ÉCHANGES INTERNATIONAUX** • Entre flux illégaux et recyclage local, le traitement des déchets en pleine reconfiguration

**TEXTILE** • En Europe, l'économie circulaire dans le secteur textile se réinvente

**SIGNAUX**..... 149

**CAS D'ÉTUDE**..... 151

**FRANCE** • Alsace : vers une production de lithium bas carbone *made in Europe* avec le projet EuGeLi

**JAPON** • Kamikatsu : derrière l'objectif zéro déchets, un projet de société

**BRÉSIL** • São Paulo : un système alimentaire circulaire pour réduire les déchets organiques



**USAGE DES SOLS**..... 156

**INDICATEURS** ..... 157

Le ralentissement de la perte de couvert forestier n'enraye pas l'appauvrissement des puits de carbone

**TENDANCES** ..... 159

**BIODIVERSITÉ** • Corridors de biodiversité : le renforcement de la connectivité écologique pour adapter les écosystèmes au changement climatique

**DÉFORESTATION** • Les droits de la nature, un rempart contre la destruction des écosystèmes naturels

**AGRICULTURE** • La filière café face au changement climatique

**SIGNAUX**..... 182

**CAS D'ÉTUDE**..... 184

**TANZANIE** • Vallée de Yaeda : la compensation carbone au cœur de la protection locale de la faune et de la flore

**DÉFORESTATION** • Sundarbans : les mangroves, un atout pour la terre, la vie et la subsistance

**AFRIQUE DU SUD** • Durban, l'agroécologie au service de la lutte contre les inégalités alimentaires



**DOSSIER SPÉCIAL**

**OBJECTIF NET ZÉRO : LE MARCHÉ CARBONE VOLONTAIRE ENTRE DANS UNE NOUVELLE DIMENSION**

1. Le crédit carbone, un instrument d'action face au défi de la neutralité carbone.....192
2. Les marchés volontaires basculent vers les solutions fondées sur la nature ..... 197
3. Les cadres internationaux de régulation des marchés carbone se renforcent .....202
4. La gouvernance du marché carbone volontaire se structure .....205

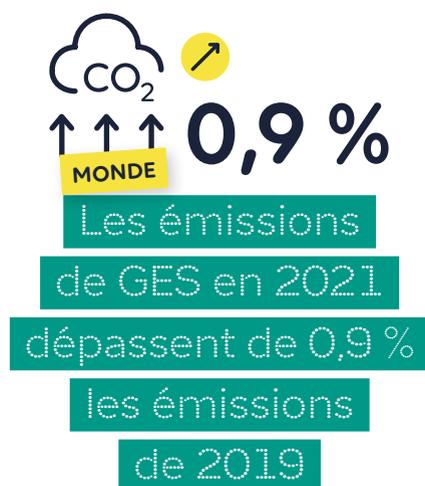


## INTRODUCTION

# UNE TRANSITION BAS CARBONE CONTRAINTE DE S'ADAPTER AUX CONDITIONS GÉOPOLITIQUES ET CLIMATIQUES

L'année 2022 marque la reprise, plus ou moins rapide selon les secteurs, avec des disparités régionales, des émissions à leur niveau de 2019. La température globale a déjà augmenté de 1,2 °C par rapport à l'époque préindustrielle. Les rapports du sixième cycle d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), publiés entre août 2021 et avril 2022, sont sans appel sur les conséquences importantes d'une telle modification de l'équilibre climatique planétaire. Selon le GIEC, pour atteindre l'objectif de l'accord de Paris de limiter l'augmentation des températures sous 1,5 °C, les émissions de GES doivent être réduites de 43 % en 2030 par rapport aux niveaux de 2019. Les engagements actuels des 193 parties à l'accord de Paris ne permettront de réduire les émissions que de 0,3 % d'ici à 2030, par rapport aux niveaux de 2019 (CCNUCC, 2022a).

Mais le GIEC insiste aussi sur une autre réalité : chaque tonne de gaz à effet de serre (GES) évitée contribuera à limiter le réchauffement climatique, et pour cela les auteurs soulignent « le rôle croissant des acteurs non étatiques et infranationaux, notamment les villes, les entreprises, les peuples autochtones, les citoyens, y compris les communautés locales et les jeunes, les initiatives transnationales et les entités publiques-privées, dans l'effort mondial de lutte contre le changement climatique » (GIEC, 2022).



## DES REPRISES DIVERGENTES DES TRAJECTOIRES D'ÉMISSION

### Les émissions mondiales retrouvent leur niveau de 2019, après leur chute historique en 2020

Avec 37 061,24 MtCO<sub>2</sub>e<sup>a</sup>, l'année 2021 enregistre le niveau d'émissions mondiales le plus élevé de l'histoire. Entre 2019 et 2020, les émissions avaient baissé sous l'effet de la pandémie de 5 %, pour s'établir à 35 137,86 MtCO<sub>2</sub>e, retrouvant le niveau des émissions de 2012-2013. En 2022, les émissions continuent sur leur lancée. Les observatoires mondiaux des émissions – à Hawaï et en Australie – ont mesuré des concentrations de GES entre 417 et 420 ppm en mai 2022, supérieures aux niveaux de mai 2021 (CCNUCC, 2022b). Jamais, avant 2015, l'atmosphère n'avait dépassé 300 ppm lors des 800 000 années observées par les paléoclimatologues (Lüthi et al, 2008). Néanmoins, la moyenne des émissions mondiales par habitant (4,22 tCO<sub>2</sub>/hb) est inférieure à celle des années précédentes, excepté 2020 (4,04 tCO<sub>2</sub> en 2020 contre 4,27 tCO<sub>2</sub> en 2019 et 4,32 tCO<sub>2</sub> en 2018).

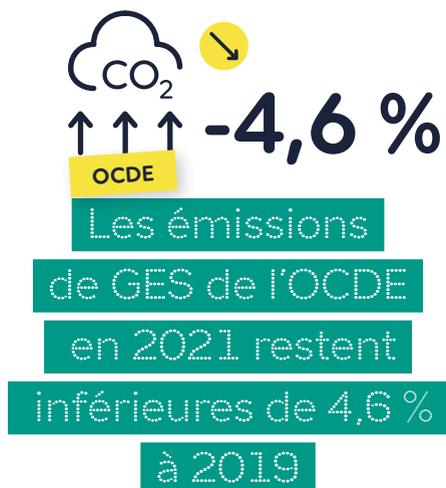
Le niveau des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> en 2021 a donc complètement compensé la réduction observée en 2020. Le rebond des émissions en 2021 provient pour 40 % de l'augmen-

<sup>a</sup> Sauf contre-indication, les données d'activités économiques et d'émissions présentées dans cette partie sont issues de la base de données Global Energy & CO<sub>2</sub> Data d'Enerdata



tation de la consommation du charbon, expliquant notamment pourquoi les émissions de GES générées par l'énergie ont atteint leur plus haut niveau (AIE, 2022).

La crise du Covid-19 n'a constitué qu'un soubresaut dans la trajectoire des émissions, qui ont repris leur cours en 2021. Cependant, les tendances régionales diffèrent.



## Pour les économies avancées, les émissions reprennent mais ne retrouvent pas leur niveau de 2019

La moyenne des émissions des pays de l'OCDE est encore inférieure de 4,6 % à son niveau en 2019. Les principaux pays d'Europe et d'Amérique du Nord ont tous vu leurs émissions augmenter en 2021 par rapport à 2020, sans retrouver leur niveau de 2019. La production économique mondiale a connu une reprise plus forte que celle des émissions (AIE, 2022) – malgré des différences notables parmi les pays.

Parmi les pays de l'Union européenne – qui émet 6 % de plus en 2021 qu'en 2020 – les émissions de la France et de l'Italie ont augmenté de 9,9 % et de 8,6 %, mais sans atteindre leur niveau de 2019. Au premier trimestre 2022, l'Europe présentait encore un niveau inférieur à la même période en 2019 et des pays comme la France (Citepa, 2022) – qui a modifié sa cible en cours de route – et le Royaume Uni (Climate Change Commitee, 2022) tiennent leur budget carbone pluriannuels respectifs. Nous ne mesurons pas encore les conséquences de la guerre engagée en Ukraine par l'armée russe en février 2022, qui a constitué un tremblement de terre pour l'approvisionnement énergétique de l'Europe. Le choix géopolitique de se passer du gaz russe a conduit les États européens à le substituer avec du pétrole, notamment pour la production

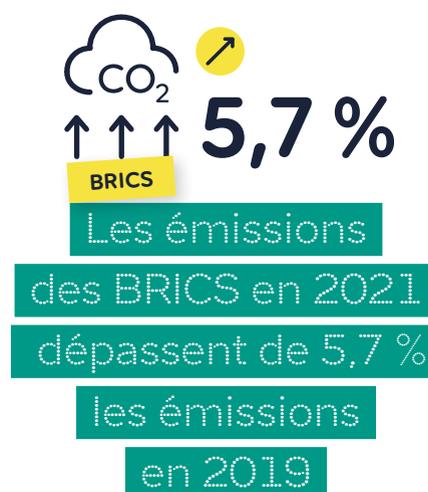
d'électricité, en raison des contraintes sur l'offre de gaz et de l'explosion des cours. L'augmentation de l'usage du pétrole et le passage du gaz au pétrole (*gas-to-oil*) pourrait freiner temporairement la décarbonation européenne, mais pourrait aussi l'inciter à accélérer sa transition vers les énergies renouvelables.

En Amérique du Nord, les États-Unis ont connu une reprise des émissions semblables à celle de l'Union européenne (environ +6 %) tandis que le Canada connaissait une reprise plus modérée (+3 %) mais sans atteindre non plus leur niveau de 2019. Le Japon et la Corée du Sud enregistrent de leur côté une augmentation modérée entre 2020 et 2021 (+0,8 % et +2,8 % respectivement) (TAB. 1). En ce qui concerne l'Australie, l'actualisation des données (différentes d'Enerdata) de la part du gouvernement a indiqué que ses émissions de GES avaient augmenté de 1 % par rapport à 2021, porté par la reprise du transport notamment (Australian Government, 2021).

## Les émissions dépassent leur niveau de 2019 pour les économies émergentes

Durant la crise du Covid-19, la baisse des émissions des pays non-membres de l'OCDE (-2 %), des BRICS (-1 %) ou du G20 (-4,6 %) ont été moins importantes que les baisses enregistrées par les économies avancées en 2020, et ces groupes de pays sont tous de retour, voire dépassent, leurs niveaux d'émissions de 2019 (+3,6 % pour les pays hors OCDE, +5,7 % pour les BRICS et +1,1 % pour le G20). Malgré des tendances d'ampleurs disparates, les grands pays émetteurs du continent asiatique ont dépassé leur niveau d'émissions de 2019 (TAB. 2) : la Turquie de 11,2 %, la Chine de 7,6 %, la Russie de 4,6 % et l'Inde de 0,07 %. La Russie, dont les émissions ont augmenté de 9,5 %, a retrouvé un niveau qu'elle n'avait plus connu depuis 1993. Avec 470,7 MtCO<sub>2</sub>e, la Turquie atteint un niveau national d'émissions inégalé auparavant. Quelques exceptions existent, comme l'Indonésie, dont les émissions augmentent de 3,45 % en 2021 mais restent inférieures de 10 % à 2019.

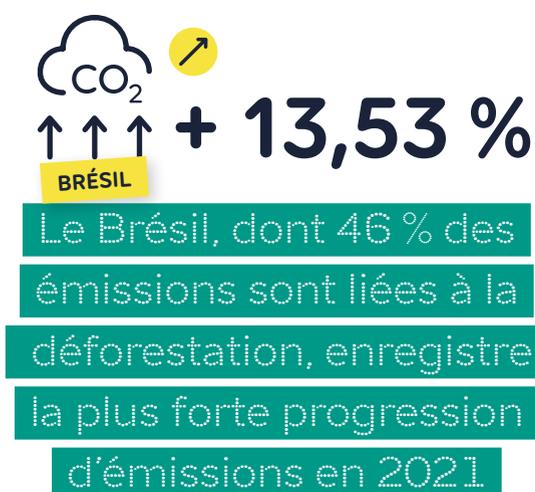
La Chine fût un des seuls pays en 2020 à enregistrer une croissance de ses émissions, malgré la pandémie (+1,62 %). En 2021, son niveau d'émissions retrouve une croissance de 6 % et dépasse de 7,6 % son niveau de 2019 et continue sa





croissance au début de l'année 2022. Cette augmentation provient en grande partie de la hausse de la demande en électricité produite à partir de charbon, qui a compensé de manière importante la baisse de l'hydroélectricité et s'est substitué au gaz devenu trop coûteux (AIE, 2022). Le passage du gaz au charbon a aussi accru la demande de charbon dans la région, stimulée par la croissance économique dans des pays comme l'Inde (dont les émissions ont augmenté de +7,2 % entre 2020 et 2021).

En Amérique latine, alors que les baisses d'émissions du Brésil et de l'Argentine comptaient parmi les plus profondes en 2020, celles-ci ont finalement dépassé leur niveau de 2020 de plus de 10 % en 2021 (TAB. 2). L'Argentine retrouve son niveau de 2019, quand le Brésil le dépasse déjà de 7 % – effaçant au passage son record de 2017. Le Brésil – dont 46 % des émissions sont causées par la déforestation (Climate Home News) – présente la plus haute augmentation d'émissions de CO<sub>2</sub> au niveau mondial en 2021.



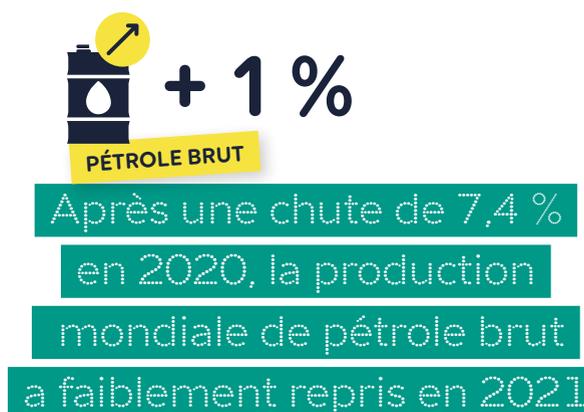
En termes d'empreinte carbone<sup>b</sup>, ces pays se révèlent des « exportateurs nets » de GES, contrairement aux pays d'Europe et d'Amérique du Nord : par exemple, les exportations nettes d'émissions de la Chine et de l'Inde sont supérieures d'environ 10 % aux émissions liées à leurs importations, tandis que les importations des émissions nettes du Royaume-Uni sont 40 % plus élevées que celles de ses exportations (Global Carbon Budget, 2019). La Chine a donc un niveau d'émissions supérieur en approche territoire, qu'en approche consommation (empreinte), alors que ce sera l'inverse pour l'UE et les États-Unis. Les émissions territoriales par habitant de la Chine ont tout juste dépassé le niveau de l'UE en 2018 (environ 7 tCO<sub>2</sub>/hb/an contre 6,8 tCO<sub>2</sub>/hb/an). Cependant, selon l'approche empreinte, les émissions de la Chine par habitant restent 20 % moins importantes que celles de l'UE à 27 (6 tCO<sub>2</sub>/hb/an contre 8 tCO<sub>2</sub>/hb/an) (Ministère de la Transition écologique). Des études indiquent des changements de modes de consommation des classes moyennes et aisées qui accroissent l'empreinte carbone et les émissions des ménages chinois (Wiedenhofer et al., 2016 ; Wei, L., et al., 2020) et les inégalités avec les populations rurales.

## En Afrique et au Moyen-Orient, des reprises divergentes

Avec 1 493,71 MtCO<sub>2</sub>e en 2021, le continent africain a dépassé son niveau d'émissions de 2019 (1 483,86 MtCO<sub>2</sub>e) mais ne représente toujours que 3,8 % des émissions mondiales. Le Moyen-Orient atteint 2 055,29 MtCO<sub>2</sub>e en 2021, pas tout à fait à son niveau de 2019 (2 077,27 MtCO<sub>2</sub>e). Entre 2020 et 2021, les croissances d'émissions sont disparates selon les pays, avec une légère stagnation pour le Qatar, l'Arabie Saoudite et l'Afrique du Sud par exemple, et une croissance à plus de 11 % pour l'Irak et le Koweït.

En Afrique et au Moyen-Orient, les émissions augmentent fortement depuis 2015 (+6,6 % en Afrique entre 2015 et 2019, +3,5 % au Moyen-Orient), mais diminuent une fois rapportées au nombre d'habitants (-3,7 % en Afrique entre 2015 et 2019, -3,4 % au Moyen-Orient) : la démographie croît plus vite que les émissions. Les économies ont été fortement affectées par la pandémie, en raison notamment des coupes organisées par l'OPEP+ dans la production de pétrole, qui ont mené à de fortes baisses d'émissions (-6,9 % en Afrique entre 2019 et 2020, -3,6 % au Moyen-Orient) mais en 2021, certains pays ont dépassé leur niveau d'émissions de 2019 : Koweït (+12,4 %), Qatar (+5 %), Egypte (+4,5 %), Nigéria (+8,5 %) (TAB. 3).

Les émissions ne comptabilisent en général pas le secteur d'usages des sols, alors qu'il représente un enjeu majeur en Afrique. Avec une estimation évaluée à 2 200 MtCO<sub>2</sub>e, il contribuerait à environ 40 % des émissions d'Afrique et du Moyen-Orient (Climate Analytics, 2022), notamment en raison de la déforestation pour les besoins agricoles.



<sup>b</sup> L'approche consommation ou empreinte se calcule de la manière suivante : émissions territoriales - émissions liées aux exportations + émissions liées aux importations.



## ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (HORS USAGE DES SOLS), EN MTCO<sub>2</sub>e

**Pour les économies avancées, les émissions reprennent mais ne retrouvent pas leur niveau de 2019**

TABLEAU 1	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendance de moyen terme	Continuité pré-pandémie	Rebond post-pandémie
							Évolution 2016-2019 (%)	Évolution 2019-2021 (%)	Évolution 2020-2021 (%)
Canada	617,73	627,46	640,74	641,12	579,00	599,80	3,79 %	-6,44 %	3,59 %
France	345,48	351,40	340,16	332,06	294,14	323,50	-3,88 %	-2,58 %	9,98 %
Allemagne	800,93	781,36	754,27	707,55	648,94	690,25	-11,66 %	-2,44 %	6,37 %
Italie	350,86	347,36	342,16	333,80	297,80	323,52	-4,86 %	-3,08 %	8,64 %
Royaume-Uni	399,13	385,61	378,63	366,36	316,81	337,79	-8,21 %	-7,80 %	6,62 %
États-Unis	5142,63	5084,83	5210,12	5116,12	4561,21	4843,99	-0,52 %	-5,32 %	6,20 %
Japon	1220,47	1206,81	1168,38	1132,93	1094,45	1103,20	-7,17 %	-2,62 %	0,80 %
Corée du Sud	707,55	717,38	721,81	703,36	644,14	662,49	-0,59 %	-5,81 %	2,85 %
Australie	417,18	423,26	422,68	423,92	411,49	396,59	1,61 %	-6,45 %	-3,62 %
Union Européenne	3160,68	3192,26	3121,46	2976,95	2692,41	2862,32	-5,81 %	-3,85 %	6,31 %

**Les émissions dépassent leur niveau de 2019 pour les économies émergentes**

TABLEAU 2	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendance de moyen terme	Continuité pré-pandémie	Rebond post-pandémie
							Évolution 2016-2019 (%)	Évolution 2019-2021 (%)	Évolution 2020-2021 (%)
Chine	11129,17	11240,76	11409,11	11562,74	11710,50	12442,76	3,90 %	7,61 %	6,25 %
Inde	2299,47	2431,76	2557,87	2555,51	2384,78	2557,29	11,13 %	0,07 %	7,23 %
Indonésie	517,23	548,32	611,54	664,36	577,45	597,38	28,45 %	-10,08 %	3,45 %
Russie	1751,66	1802,80	1887,56	1936,60	1848,68	2024,86	10,56 %	4,56 %	9,53 %
Turquie	400,56	442,72	439,75	423,10	421,88	470,67	5,63 %	11,24 %	11,57 %
Brésil	488,41	497,16	471,36	473,34	448,48	509,15	-3,08 %	7,57 %	13,53 %
Argentine	189,39	185,21	182,07	173,81	158,77	174,86	-8,23 %	0,60 %	10,13 %

**En Afrique et au Moyen-Orient, des reprises divergentes**

TABLEAU 3	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendance de moyen terme	Continuité pré-pandémie	Rebond post-pandémie
							Évolution 2016-2019 (%)	Évolution 2019-2021 (%)	Évolution 2020-2021 (%)
Iran	655,29	682,95	696,61	692,81	689,14	n.a.	5,73 %	n.a.	n.a.
Irak	138,65	152,34	160,44	174,64	148,78	166,59	25,96 %	-5 %	11,97 %
Koweït	92,87	92,70	92,85	93,71	94,29	105,28	0,90 %	12 %	11,65 %
Qatar	99,66	100,75	99,74	105,30	110,88	110,63	5,65 %	5,07 %	-0,22 %
Arabie Saoudite	573,31	559,66	534,43	540,35	540,98	536,17	-5,75 %	-0,77 %	-0,89 %
Émirats arabes unis	207,95	204,18	184,65	197,41	192,34	195,21	-5,07 %	-1,12 %	1,49 %
Algérie	150,30	149,83	160,46	165,50	158,14	160,04	10,11 %	-3,30 %	1,21 %
Égypte	237,87	252,28	268,89	272,01	266,75	284,28	14,35 %	4,51 %	6,57 %
Nigéria	114,98	115,44	115,90	121,78	122,67	132,12	5,91 %	8,49 %	7,70 %
Afrique du Sud	444,14	451,43	456,03	464,01	429,80	432,53	4,47 %	-6,78 %	0,64 %



# DES ENGAGEMENTS CROISSANTS QUI RÉVÈLENT DES PRIORITÉS NATIONALES DIVERGENTES

De nombreux pays ont donc déjà dépassé leurs niveaux d'émissions de 2019. Le dernier rapport de synthèse sur les CDN indique une maigre diminution de ces niveaux d'ici 2030 et un réchauffement potentiel « catastrophique » de 2,4 °C d'ici la fin du siècle. L'analyse onusienne déplore que seuls 39 pays ont actualisé leurs CDN depuis le 12 octobre 2021, dont 24 ont été actualisées depuis la COP26 à Glasgow en novembre 2021 (CCNUCC, 2022a ; CCNUCC, 2022c). Néanmoins, ce chiffre de réchauffement prévu est inférieur de moitié à ce qui était prédit il y a cinq ans – un résultat obtenu grâce à la mobilisation internationale, à l'attention croissante portée aux politiques climatiques et énergétiques, et même à la baisse des prix des énergies renouvelables (The New York Times, 26/10/2022).

Les annonces d'engagements se sont poursuivies avant, pendant et après la COP27 à Sharm el-Sheikh cette année. Avant la conférence en Égypte, l'UE-27 a accéléré la conclusion d'accords sur trois lois importantes pour le climat sur la vente de véhicules à moteur à combustion interne, les puits de carbone et les objectifs nationaux d'émissions qui, selon le vice-président de la Commission européenne Frans Timmermans, pourraient réduire les émissions nettes en 2030 de 57 % par rapport à 1990, alors que l'objectif annoncé est de 55 % (Reuters, 15/11/2022a). Dans un contexte d'élections de mi-mandat divisées dans leur pays, les États-Unis ont annoncé ou renouvelé leurs engagements à l'égard de plusieurs initiatives sur les énergies renouvelables, la réduction des émissions, l'adaptation et les financements climat (White House, 11/11/2022), tandis que la reprise de leurs négociations sur le climat avec la Chine a ravivé les espoirs de la COP27 (Financial Times, 14/11/2022). La dynamique des engagements s'accélère également dans le monde en développement : l'Inde a présenté sa stratégie de développement à faible émission à long terme (LT-LEDS), qui décrit la manière dont elle compte atteindre l'objectif Net Zero 2070 qu'elle a fixé en 2021 (Economic Times, 15/11/2022). Le Mexique a annoncé son intention d'ajouter 30 GW de capacités renouvelables d'ici à 2030 (Reuters, 15/11/2022b), tandis que le Brésil, tout

juste sorti des élections, a annoncé son retour à des engagements climatiques plus forts sous le gouvernement Lula (Bloomberg, 14/11/2022).

Selon l'analyse de la CCNUCC, les stratégies à long termes (LT-LEDS)<sup>c</sup> actuels couvrent 83 % du PIB mondial et environ 69 % de la consommation totale d'énergie en 2019, ce qui constitue un « signal fort » indiquant que le monde se dirige vers une émission nette zéro. En incluant les CDN avec des objectifs à long terme, ces chiffres atteignent respectivement 90 % et 79 % (CCNUCC, 2022d). Boussole de l'action climat depuis l'accord de Paris, les objectifs « net zéro » ont également progressé – plus de 11 000 entreprises, institutions financières et gouvernements locaux, issus de 116 pays, se sont engagés émettre zéro émission nette en 2050 dans le cadre de l'initiative Race to Zero (Race to Zero, 2022). Une étude portant sur les objectifs des États par rapport à la mise en œuvre des politiques, aux tendances économiques, aux plans d'expansion des entreprises et aux changements de comportement des citoyens dans les quatre plus grands émetteurs mondiaux, à savoir les États-Unis, l'Union européenne, la Chine et l'Inde, a montré que ces trois derniers, conduits par les marchés, pourraient bien connaître des progrès plus rapides dans la réduction des émissions que ce qui est prévu dans leurs CDN, grâce aux progrès dans les énergies renouvelables (ECIU, 2022).

La COP27 a également été l'occasion de divers engagements à plus court terme, tels que l'initiative de la présidence égyptienne pour une transition énergétique juste et abordable en Afrique (AJAETI), lancée avec l'IRENA, l'AIE et SE4All, entre autres, qui vise, d'ici 2027, à assurer un soutien technique et politique pour faciliter l'accès à une énergie propre et abordable à au moins 300 millions de personnes en Afrique, en portant à 25 % la part des énergies renouvelables dans la production (Présidence égyptienne, 2022). Alors que la déclaration de l'année dernière sur la déforestation démarre lentement, les trois plus grandes nations de la forêt tropicale, le Brésil, l'Indonésie et la RDC, ont formé une nouvelle alliance avant les discussions du G20 en Indonésie, pour protéger les forêts et faire pression sur les économies avancées pour qu'elles financent cette protection (Reuters, 14/11/2022). Dans le secteur du transport maritime, dont la décarbonation est lente, la COP a vu le lancement du Green Shipping Challenge par le Canada, les États-Unis et la Norvège, qui vise à maintenir le secteur sur une trajectoire alignée sur 1,5 °C, y impliquant les ports, transporteurs, propriétaires de cargaisons et autres acteurs de la chaîne de valeur du transport maritime (Green Shipping Challenge, 2022).

Malgré des engagements croissants, les indicateurs sectoriels de progrès ne dressent pas un tableau entièrement optimiste – dans des domaines tels que l'électricité, les bâtiments, l'industrie, les transports, les forêts, l'agriculture, la capture du carbone et la finance, des progrès ont été réalisés, mais pas en ligne avec les changements requis pour atteindre les objectifs de 2030 dans les délais. Une évaluation du Systems

<sup>c</sup> Ces stratégies, inscrit dans l'accord de Paris, sont des instrument politiques qui inscrivent les actions de court terme dans le cadre des changements structurels long-termes pour une économie bas carbone en 2050. Elles peuvent également aider à explorer les conséquences de ces actions sur les objectifs socio-économiques des pays (IDDRI, 2016).



Change Lab estime qu'aucun des indicateurs de changement des secteurs cités ci-dessus ne suit un rythme de progression suffisant pour atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2030 ([Systems Change Lab](#), 2022).

Les marchés du carbone réglementaires mis en place par les États et les gouvernements locaux ont poursuivi leur tendance à la hausse. Selon I4CE, en août 2022, il existait 68 mécanismes explicites de prix du carbone dans le monde (taxes et allocations négociables), contre 47 l'année dernière. Ces mécanismes couvrent plus de 70 % du PIB mondial, avec plus de 100 milliards de dollars de recettes carbone engrangées en 2021 – une augmentation de 80 % en glissement annuel, contre 53,1 milliards en 2020) ([I4CE](#), 2021). L'augmentation des émissions aux États-Unis et dans l'Union européenne devrait entraîner un soutien des prix sur leurs marchés du carbone en 2022, la crise énergétique et le conflit en Ukraine faisant augmenter les émissions de l'UE, tandis que la baisse de la production nucléaire et hydroélectrique pousse la production d'électricité au gaz aux États-Unis ([BloombergNEF](#), 31/10/2022).

## LA CONVERGENCE DE L'ATTÉNUATION ET DE L'ADAPTATION SE HEURTE AU DÉFICIT DE FINANCEMENT

La COP27 a été mis sur l'adaptation, ainsi que sur les pertes et dommages, qui figurent pour la première fois à l'ordre du jour officiel de la COP27. Qu'il s'agisse des vagues de chaleur et de sécheresse de l'été 2022 à travers le monde, ou des inondations dévastatrices comme celle au Pakistan ou en Afrique de l'Ouest, les impacts du réchauffement climatique se sont déjà fait sentir – à la hauteur de 121 milliards de dollars de pertes assurées en 2021 ([SwissRE](#), 2021). Au cours des dernières années, le réchauffement climatique a déjà eu un impact négatif sur diverses mesures d'atténuation, par le biais de pertes humaines et agricoles, ou de dommages aux infrastructures électriques ou de transport, et les mesures d'adaptation à court terme comme la climatisation, la réfrigération ou l'irrigation, ont intensifié la pression sur les réseaux électriques alimentés par des combustibles fossiles. En 2022, 84 % des parties à la CCNUCC avaient établi des plans, des stratégies, des lois et des politiques d'adaptation, soit une augmentation de 5 % par rapport à l'année précédente ([PNUE](#), 2022).

Coordonnée par la présidence allemande du G7 et développée avec le groupe « V20 » des 58 économies les plus vulnérables,

l'initiative Global Shield, lancée lors de la COP27 et dotée de 200 millions d'euros, vise à fournir un accès rapide à l'assurance et au financement de la protection contre les catastrophes après des inondations ou des sécheresses. Le Pakistan, le Ghana et le Bangladesh seront les premiers à en bénéficier ([Financial Times](#), 14/11/2022). En Afrique, les signataires de la déclaration de Nairobi sur l'assurance durable se sont engagés à souscrire 14 milliards de dollars de couverture pour les risques climatiques d'ici 2030 ([Reuters](#), 10/11/2022). Bien qu'en hausse de 53 % par rapport à 2017-2018, les flux financiers pour l'adaptation recensés en 2019-2020 restent très éloignés de la parité visée par l'accord de Paris et des 300 milliards de dollars de besoins évalués par la Climate Policy Initiative avant 2030 ([Climate Policy Initiative](#), 2021).

Si la promesse existante de 100 milliards de dollars de financement pour le climat en 2020, tous usages confondus, n'a pas été tenue – 83 milliards de dollars de flux financiers pour le climat ont été mobilisés en 2020 ([OECD](#), 2022) – le débat sur les financements s'est orienté autour de la création d'un fond pour les pertes et dommages, réclamée par les pays en développement aux pays ayant une responsabilité historique sur les émissions, et les longues négociations à la COP ont finalement abouti à la décision de mettre en place un nouveau fonds pour les pertes et dommages ([Carbon Brief](#), 21/11/2022). Les craintes portent également sur la dilution des engagements pris à Glasgow, comme celui de doubler le financement de l'adaptation ([The Guardian](#), 15/11/2022). L'Alliance des petits États insulaires (AOSIS) a proposé lors de la COP que les entreprises de combustibles fossiles puissent assumer une partie de leur part en payant une taxe sur leurs bénéfices, qui serait ensuite canalisée vers ces fonds ([Energy News](#), 09/11/2022).

## LA COMPÉTITION S'ACCROÎT POUR L'ACCÈS AUX RESSOURCES STRATÉGIQUES À LA TRANSITION

La crise énergétique européenne, intensifiée par la guerre en Ukraine, a été un excellent exemple du contexte géopolitique qui motive l'action climatique ; dans ce cas, poussée par son besoin d'indépendance énergétique, l'Europe accélère le déploiement des énergies renouvelables. Dans le monde entier, la concurrence pour les ressources stratégiques façonne la transition dans divers secteurs.



En 2021-22, la reprise de l'économie mondiale, les phénomènes climatiques extrêmes et la guerre en Ukraine ont souligné la vulnérabilité des chaînes de valeur et des interdépendances stratégiques des industries de transition. Des filières comme l'automobile, dans un contexte de concentration des ressources en minerais stratégiques (lithium, nickel, cobalt), favorisent les contrats d'approvisionnement à long terme et l'intégration verticale des chaînes de valeur. L'indice des prix du lithium (x4), du cobalt et du nickel (x2) ont subi des fortes inflations depuis le deuxième semestre de 2020 ([FMI](#), 2022), sous la pression d'une demande croissante. De l'ouverture de mines de lithium à la production d'énergie renouvelable, la réindustrialisation oscille entre coopération et compétition. La tendance est aussi de la relocalisation des industries de transition, avec 1 400 GW de « gigafactories » en projet en Europe ([Les Echos](#), 2022). 369 milliards de dollars de crédits d'impôts et d'investissements pour la transition énergétique ont été votés aux États-Unis, avec des crédits qui promeuvent la consommation *Made-in-America* ([White House](#), 2022).

La Commission européenne a conclu des accords avec plusieurs pays au cours de la COP27, notamment des accords forestiers pour la protection et la restauration des forêts et l'approvisionnement durable en produits du bois avec la Mongolie, la Guyane, la République du Congo, la Zambie et l'Ouganda, ([Commission européenne](#), 08/11/2022) et des accords sur les minéraux rares ou l'hydrogène avec le Kazakhstan, l'Égypte et la Namibie ([Politico](#), 08/11/2022). En Europe, aux États-Unis, en Chine et dans les pays émergents riches en matières premières, l'État planificateur reprend la main pour relocaliser les chaînes de valeur, voire nationaliser les champions nationaux (EDF, Uniper) dans un environnement économique dégradé.

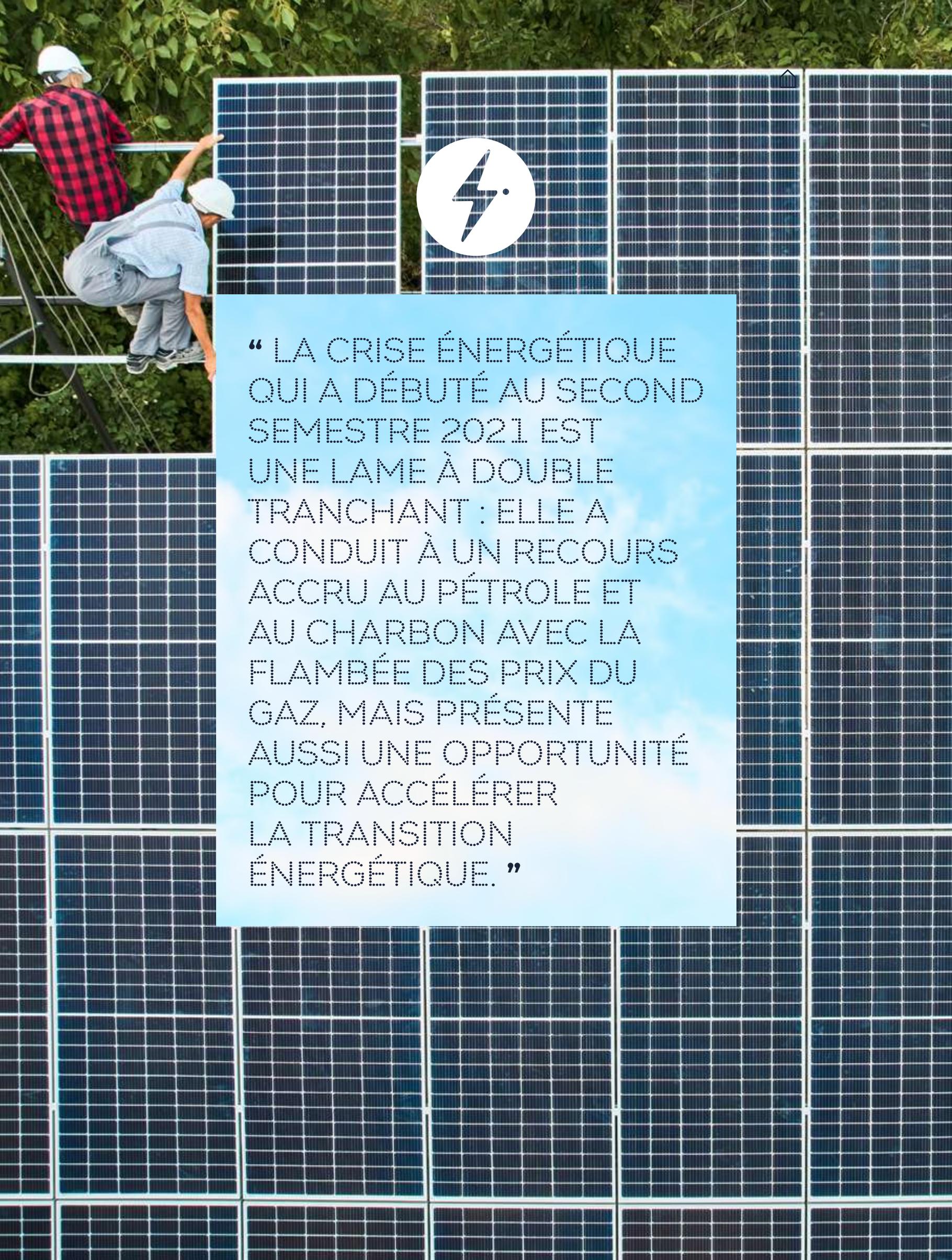
## LA PRESSION DE LA SOCIÉTÉ CIVILE SE RESSERRE SUR LES ENTREPRISES ET LES ÉTATS

La transition énergétique et climatique en cours rencontre à chaque étape diverses formes d'activisme visant à la faire accélérer : qu'il s'agisse d'actions judiciaires, d'activisme actionnarial ou de mouvements populaires ou de la société civile organisée. Le nombre de poursuites judiciaires liées au climat dans le monde a doublé depuis 2015, et plus d'un quart d'entre elles ont été déposées au cours des deux dernières années ([The Guardian](#), 30/06/2022). Si une grande partie des poursuites visent l'inaction des États (70 %), l'industrie des combustibles fossiles se retrouve davantage dans le collimateur, avec au moins 13 plaintes déposées contre des entreprises

européennes et deux contre des entreprises australiennes. 90 % des cas sont portés par des ONG sur la période récente. Six des huit actions en justice visant les politiques climatiques des États traitées par la plus haute juridiction nationale ont reçu une décision favorable au climat, parmi les 73 déposées en cours d'instruction ; 54 % des décisions rendues dans les cas hors-États-Unis depuis 2000 ont une issue favorable à l'action climatique ; c'est moins qu'en 2020, car onze cas allemands ont été perdus contre les Länder ([LSE](#), 2022).

L'activisme des actionnaires, bien que largement concentré aux États-Unis, a également permis d'influencer l'action climatique des industries. 172 propositions environnementales déposées par les actionnaires lors des AG des 3 000 plus grosses entreprises américaine en 2022, soit 18 % des propositions ESG et 39 % de plus qu'en 2021. Parmi elles, 130 propositions relatives au climat en 2022 (73 %) ([Freshfields](#), 2022). Même en attendant des résultats à long terme sur les impacts de l'action judiciaire et de l'activisme des actionnaires, cette double pression amène les industries à forte intensité carbone à réexaminer leurs stratégies de transition, mais à leur propre rythme.

La pression s'exerce aussi de la part des États pour inciter les entreprises à la transparence sur leurs performances extra financières. Aux États-Unis, l'administration Biden a récemment annoncé la Federal Supplier Climate Risks and Resilience Rule, qui oblige les fournisseurs du gouvernement à divulguer les données relatives aux émissions et aux risques financiers liés au climat, et à fixer des objectifs de réduction des émissions fondés sur des données scientifiques ([ESGToday](#), 11/11/2022). L'UE a également adopté sa directive sur les rapports de durabilité des entreprises (CSRD), qui oblige environ 50 000 grandes entreprises multinationales à divulguer leurs impacts environnementaux et sociaux ([Parlement européen](#), 11/11/2022).



“ LA CRISE ÉNERGÉTIQUE QUI A DÉBUTÉ AU SECOND SEMESTRE 2021 EST UNE LAME À DOUBLE TRANCHANT : ELLE A CONDUIT À UN RECOURS ACCRU AU PÉTROLE ET AU CHARBON AVEC LA FLAMBÉE DES PRIX DU GAZ, MAIS PRÉSENTE AUSSI UNE OPPORTUNITÉ POUR ACCÉLÉRER LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE. ”



près un premier trimestre ralenti par les confinements liés au Covid, l'année 2021 a vu la demande mondiale d'énergie (+5,8 %) et les émissions liées à l'énergie (+7 %) revenir à des niveaux encore plus élevés qu'en 2019, rompant ainsi avec la chute exceptionnelle de 2020. Les émissions du secteur de l'électricité ont atteint 12,83 GtCO<sub>2</sub>e, en grande partie à cause du recours aux combustibles fossiles, la croissance limitée des énergies renouvelables n'ayant pas suffi à combler la reprise énergivore [INDICATEURS].

La crise énergétique qui a débuté au second semestre 2021 est une lame à double tranchant : elle a conduit à un recours accru au pétrole et au charbon avec la flambée des prix du gaz, mais présente aussi une opportunité pour accélérer la transition énergétique. Si le charbon, le pétrole et le gaz ont tous connu une forte inflation des prix, les réactions des différents pays et des entreprises énergétiques ont varié en fonction des contextes régionaux et géopolitiques [TENDANCES]. Si l'inflation a aussi temporairement fait grimper les coûts des énergies renouvelables, les ajouts de capacités renouvelables restent pourtant moins chers et plus rentables à long terme. Ainsi, en 2021, les énergies renouvelables représentaient 81 % des nouvelles capacités de production d'électricité, avec 257 GW de capacités ajoutées, dont 133 GW d'éolienne et 93 GW de solaire [INDICATEURS].

Avec la résistance croissante à l'expansion des combustibles fossiles, qui s'exprime par des mouvements d'étudiants, des protestations de la société civile et même des actions judiciaires contre les compagnies pétro-gazières [SIGNAUX], les énergies renouvelables gagnent du terrain autour du monde.

L'adoption des renouvelables a également été une tendance particulièrement forte sur le continent africain, cherchant à répondre

simultanément aux préoccupations d'élargissement de l'accès à l'énergie et de décarbonation du secteur énergétique. Alors que les acteurs du secteur se tournent vers divers outils pour développer les installations de capacités renouvelables – des outils contractuels comme les accords d'achat d'électricité à grande échelle, aux outils plus physiques comme le déploiement de mini-réseaux indépendants pour les zones rurales éloignées à plus petite échelle, à l'exemple du Mali [CAS D'ÉTUDE] – le financement reste la clé pour débloquer la voûte : actuellement, les États sont en train de mettre en œuvre des réformes, institutionnelles et législatives, pour attirer les investissements privés [TENDANCES].

Alors que les énergies renouvelables poursuivent leur croissance fulgurante, sur la lancée de 2020, l'année 2021 et son cortège de catastrophes climatiques, en plus de la crise énergétique, a mis en lumière une préoccupation plus récente : la vulnérabilité des réseaux énergétique et de ses infrastructures. L'adaptation à ces impacts prend une forme influencée par la combinaison de deux facteurs : l'adaptation à court terme grâce aux fossiles et les réflexions à plus long terme sur la sobriété et la planification anticipée au niveau du système [TENDANCES]. Au niveau local, la tendance est à la combinaison des objectifs d'adaptation et d'atténuation, en promouvant les technologies renouvelables et des pratiques de production soutenables tout en assurant la résilience socio-économique des communautés. Il en est ainsi des coopératives énergétiques soutenues par WECF en Géorgie agissant pour l'émancipation des femmes, ou les chaînes de valeur durables pour le charbon du bois développées par le Geres avec les populations locales au Cambodge [CAS D'ÉTUDE].



INDICATEURS	14
TENDANCES	16
SIGNAUX	43
CAS D'ÉTUDE	45



## LA CRISE ÉNERGÉTIQUE ÉTOUFFE LES AMBITIONS DE TRANSITION VERS UN MIX BAS CARBONE

### Consommation d'énergie et émissions renouent avec leur dynamique pré-Covid

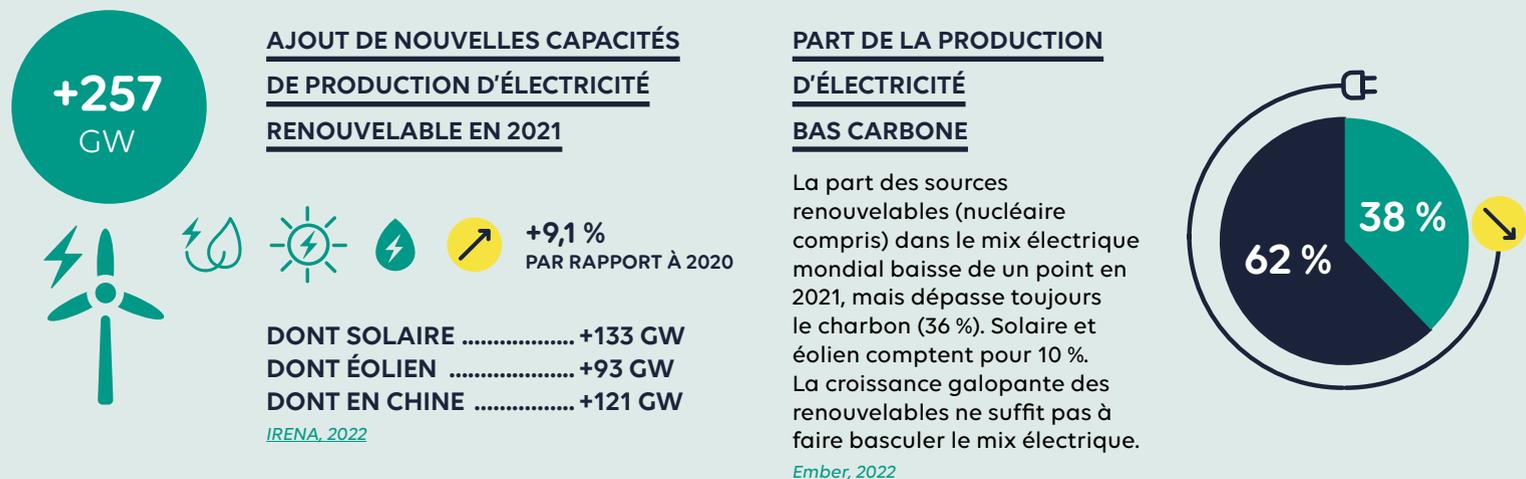


Les émissions de la production d'électricité sont passées de 11,99 Gt en 2020 à 12,83 Gt en 2021 : un record. Cependant, les émissions énergétiques en Europe et en Amérique du Nord restent inférieures à 2019. [Enerdata Global Energy and CO2 data](#)

La demande mondiale d'énergie a dépassé son niveau pré-pandémie (+1,3 % par rapport à 2019). La part des énergies fossiles (82 %) recule par rapport à 2019 (83 %) et 2016 (85 %). [BP, 2022](#)

En 2020, cette consommation était en baisse de -0,6 % par rapport à 2019. [Ember, 2022](#)

### Malgré l'élan des renouvelables, le mix électrique ne bascule pas



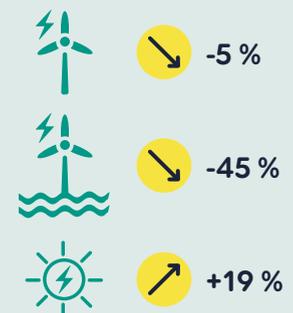
**366 Md\$**

**+6,8 %**  
PAR RAPPORT À 2020

#### INVESTISSEMENTS DANS LES ÉNERGIES RENEUVABLES EN 2021

C'est 6,8 % de plus qu'en 2020. Si le solaire PV (56 %) et l'éolien (40 %) concentrent les investissements, les dynamiques annuelles diffèrent : en baisse pour l'éolien en 2021 (-5 %), surtout en offshore (-45 %), en hausse pour le solaire (+19 %).

[REN21, 2022](#)





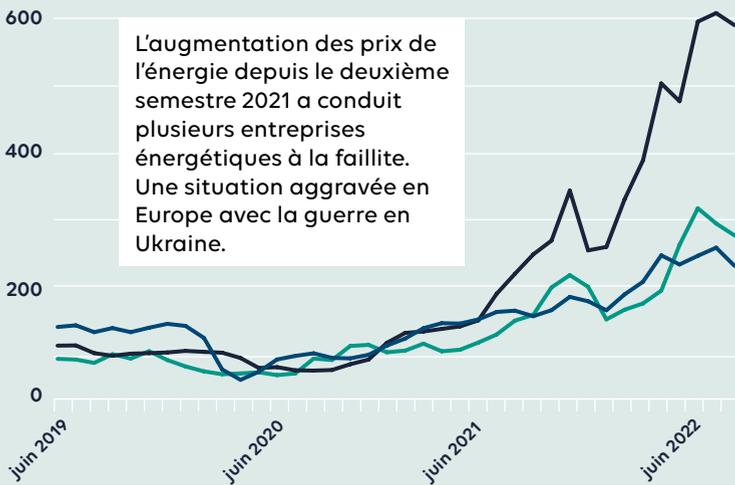
## Le charbon revigoré par la crise du gaz

### AJOUT DE CAPACITÉS DE PRODUCTION AU CHARBON EN 2021

L'Inde et la Chine sont à l'origine de 72 % des nouvelles installations de capacités fossiles en 2021 : une dynamique en baisse en Chine par rapport à 2020 (-35 %), mais qui a explosé en Inde (+234 %) après des installations exceptionnellement faibles en 2020.

[Global Energy Monitor, 2022](#)

## L'inflation énergétique met le marché et l'approvisionnement en tension...



— INDICE DU PRIX MONDIAL DU CHARBON (US\$/TONNE)  
— INDICE DU PRIX MONDIAL DU GAZ (US\$/MMBTU)  
— INDICE DU PRIX MONDIAL PÉTROLE BRUT (US\$/BBL)

[International Monetary Fund, 2022](#)

### LE PRIX DES PPAS EN EUROPE



**+225 %**  
ENTRE SEPTEMBRE 2021 ET AOÛT 2022

Un des moteurs de croissances des renouvelables, les tarifs des PPA passent de 52,77 €/MWh en septembre 2021 à 171,4 €/MWh en août 2022, avant de retomber à 105,81 €/MWh en septembre 2022. Des capacités insuffisantes et des contraintes réglementaires jusqu'en juillet 2022 ont restreint les volumes et provoqué le pic des tarifs. [Pexapark, 2022](#)

**+45,55**  
GW

DONT EN CHINE

**+26,187**  
GW

DONT EN INDE

**+6,69**  
GW



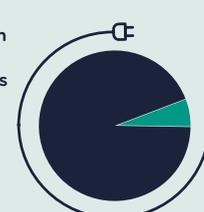
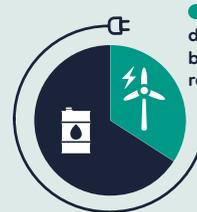
**+14 %**

La consommation de charbon de l'Union européenne a augmenté de 14 % en 2021, et devrait encore augmenter de 7 % en 2022, sous l'effet du passage du gaz au charbon en raison de la flambée des prix du gaz. [AIE, 2022](#)

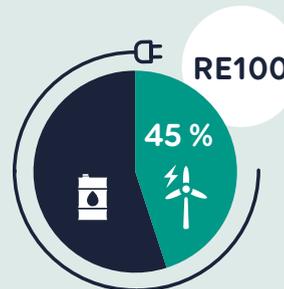
## ... alors que la dépendance des acteurs aux fossiles reste forte.

### LA DÉCARBONATION DES COMPAGNIES D'ÉLECTRICITÉ

47 des 50 plus grandes compagnies d'électricité du monde n'ont pas d'objectifs de réduction des émissions alignés sur une trajectoire de 1,5 °C. 66 % de la capacité de production de ces compagnies est basée sur les fossiles. [World Benchmarking Alliance, 2022](#)



### APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR LE SECTEUR PRIVÉ



C'est la part d'électricité d'origine renouvelable dans la consommation de 315 membres de l'initiative RE100 en 2021, soit 340 TWh : l'équivalent de la consommation annuelle du Royaume Uni. [RE100, 2022](#)



### PART DE LA POPULATION URBAINE MONDIALE COUVERTE PAR DES OBJECTIFS OU DES POLITIQUES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

En 2021, environ 1 500 villes avaient des objectifs ou des politiques d'énergies renouvelables, couvrant plus de 1,3 milliard de personnes. [REN21, 2022](#)



TENDANCES  
ÉNERGIES FOSSILES

# La croissance des renouvelables encore insuffisante pour nourrir l'insatiable appétit énergétique de la reprise économique

TANIA MARTHA THOMAS • Chargée de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

En rupture avec l'année 2020, 2021 et les premiers mois de 2022 présentent une image diversifiée pour les secteurs de la production d'énergie. Les énergies renouvelables, les fossiles et les émissions affichent toutes une croissance positive. La crise énergétique, qui a débuté dès le second semestre 2021, a été intensifiée par la guerre en Ukraine, l'augmentation des prix de l'énergie n'épargnant aucun acteur dans son sillage. En quête d'autonomie énergétique à long terme, l'Europe est contrainte de miser à court terme avec le charbon, le pétrole et le gaz naturel liquéfié (GNL) pour sécuriser ses approvisionnements et prendre ses distances avec le gaz russe. Parallèlement, l'Asie a misé sur l'utilisation des fossiles – principalement le charbon – pour alimenter sa reprise : c'est le cas de l'Inde, et dans une certaine mesure de la Chine, qui est toujours aux prises avec les confinements liés au Covid. Le secteur privé voit les différences entre les grands et les petits acteurs se creuser, et la concentration et la nationalisation s'intensifier.



PANORAMA DES DONNÉES

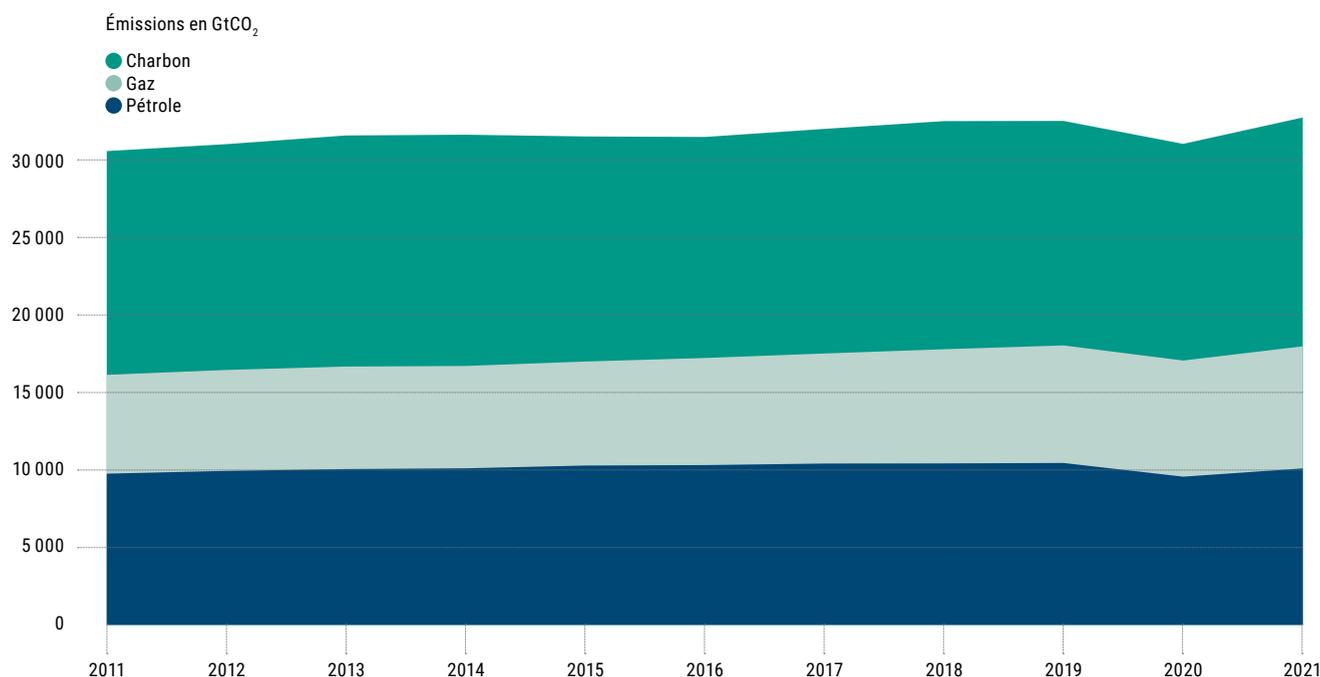
## La crise énergétique offre un sursis aux fossiles alors que les énergies renouvelables poursuivent leur croissance

Alors qu'en 2020, à cause de la pandémie de Covid-19, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> (hors usage des sols) ont connu la plus forte baisse depuis la deuxième guerre mondiale (-1,6 GtCO<sub>2</sub>, soit une baisse de 4,4 %), l'année 2021 s'est ouverte sur une reprise de l'économie accompagnée d'un fort rebond des émissions, soit une hausse de 5,5 % par rapport à 2020

(+1,9 GtCO<sub>2</sub>). Selon les premières estimations, poussées par la relance économique et des conditions météorologiques défavorables, ces émissions étaient de 37,1 GtCO<sub>2</sub>, et ont donc plus que compensé la diminution en 2020, malgré un premier trimestre 2021 toujours marqué par les mesures de restriction de circulation dans de nombreux pays (FIG. 1)<sup>1</sup>.

La demande de pétrole en 2021 est restée inférieure aux niveaux pré-pandémie, avec une moyenne de 3,7 millions de barils par jour (Mb/j). Cela s'explique par la faiblesse de la demande de pétrole dans les transports, principalement dans le secteur de l'aviation<sup>2</sup>. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit que la demande de pétrole pour les

**FIGURE 1**
**ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> PAR COMBUSTIBLE EN 2011-2021**

 Source : Climate Chance, à partir de Enerdata, *Global Energy and CO<sub>2</sub> data*, 2022


véhicules dans les économies avancées ne retrouvera jamais son niveau pré-2020, la propriété des véhicules et la demande par habitant étant saturées, tandis que les pays asiatiques continuent de porter la croissance actuelle de demande<sup>3</sup>. Pourtant, la demande de pétrole a augmenté en 2022 sous l'effet du passage du gaz au pétrole (*gas-to-oil*)<sup>4</sup> due à l'explosion des prix du gaz et du contexte géopolitique qui exigeait l'indépendance énergétique et l'éloignement du gaz russe. Mais cette croissance de la demande de pétrole demeure freinée par de nouveaux confinements en Chine et un ralentissement économique dans les pays de l'OCDE<sup>5</sup>. L'offre de pétrole a repris sa croissance timorée en 2022, l'OPEP+ ayant enregistré en juillet sa plus forte hausse mensuelle de production de pétrole brut en cinq mois, avec en tête l'Arabie saoudite et les autres pays du Moyen-Orient, ainsi que le Kazakhstan. La production reste toutefois en deçà de l'objectif d'augmentation de la production promis par l'alliance<sup>6</sup>, les analystes restant dubitatifs quant au potentiel de production de pétrole de l'OPEP+<sup>7,8</sup>, y compris celui des principaux producteurs comme l'Arabie saoudite<sup>9</sup>.

40 % de la croissance globale des émissions de CO<sub>2</sub> est due à la consommation de charbon, dont les émissions ont atteint 14,8 GtCO<sub>2</sub> en 2021, dépassant ainsi leur niveau de 2019 (FIG. 1)<sup>10,11</sup>. Plus précisément dans le secteur de l'électricité, le plus grand contributeur sectoriel aux émissions de CO<sub>2</sub>, les centrales au charbon ont assuré la moitié de l'augmentation de la demande mondiale d'électricité (une augmentation totale de 1 400 TWh), les émissions des centrales au charbon atteignant 10,5 GtCO<sub>2</sub>. Dans le même temps, la hausse des prix

du gaz a également entraîné le passage du gaz au charbon (*gas-to-coal*), notamment en Europe et aux États-Unis, où la concurrence entre les centrales au charbon et au gaz est la plus forte<sup>12</sup>. La production mondiale d'électricité à partir du charbon a atteint un niveau record de 10 042 TWh en 2021, selon les analyses réalisées par Ember<sup>13</sup>. Déjà, en 2022, le passage du gaz au charbon a encore accru la demande de charbon, qui a également été stimulée par la croissance économique en Inde<sup>14</sup>.

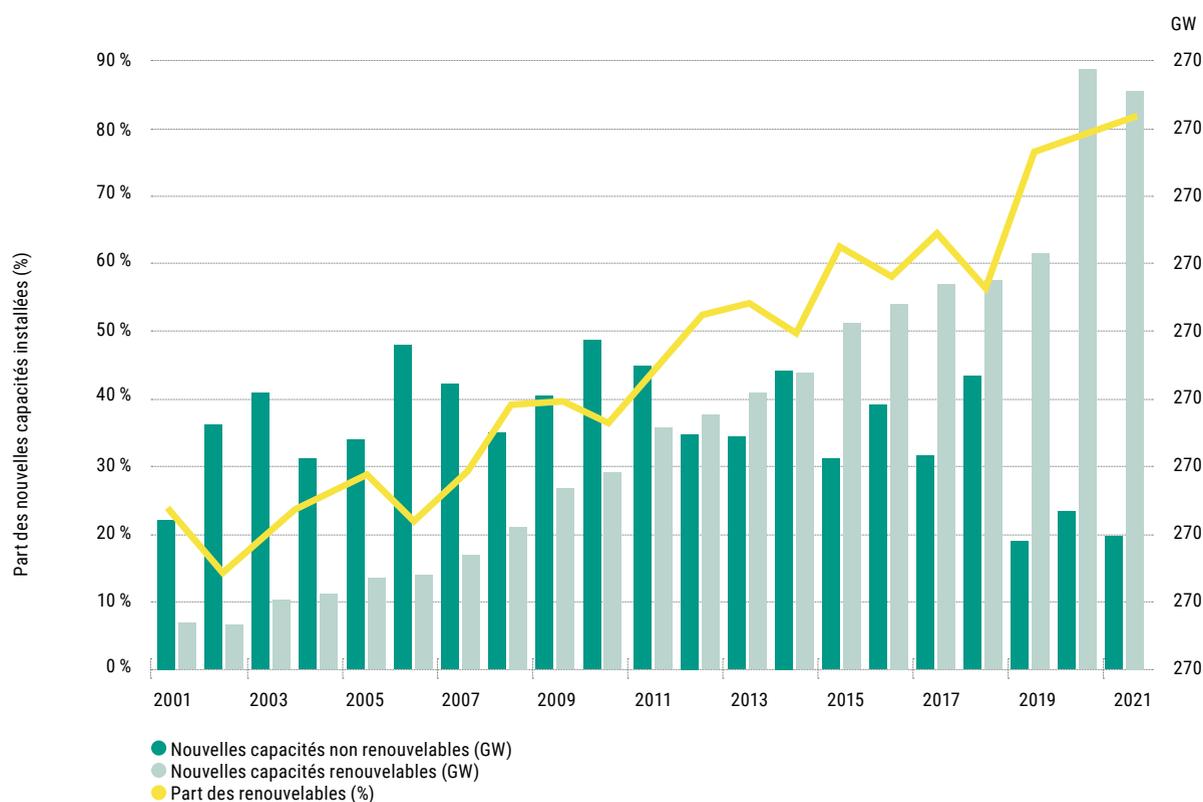
La production et la consommation de charbon dans l'UE ont augmenté en 2021, la production d'antracite<sup>a</sup> étant de 57,2 millions de tonnes (Mt) et la consommation de 160 Mt. La consommation de lignite s'élevait à 277 Mt en 2021, la grande majorité étant utilisée pour la production d'électricité<sup>15</sup>. En 2022, en Allemagne, le Bundestag a ouvert la voie à l'utilisation temporaire d'un plus grand nombre de centrales électriques au charbon pour produire de l'électricité en raison des restrictions d'approvisionnement en gaz russe<sup>16</sup>, alors que le charbon représentaient un tiers de la production d'électricité du pays.<sup>17</sup> Cette tendance est observée à travers l'Europe – la production d'électricité à partir du charbon a augmenté de plus de 20 % en France, en Allemagne, en Italie, aux Pays-Bas, en Espagne et au Royaume-Uni depuis l'année dernière, selon les données de Rystad Energy<sup>18</sup>. Aux États-Unis, la production de charbon en 2021 a atteint 524 Mt, tandis que la consommation s'est élevée à 494 Mt (dont 455 Mt dans le secteur de l'électricité)<sup>19</sup>. Au premier trimestre 2022, la consommation des États-Unis en charbon était inférieure de 3,9 % à celle de la même période en 2021<sup>20</sup>.

a L'antracite désigne le charbon noir foncé, dont la teneur en carbone et la densité énergétique sont les plus élevées par rapport aux autres types de charbon. En revanche, le lignite est celui dont la teneur en carbone et la densité énergétique sont les plus faibles, ce qui entraîne des émissions de CO<sub>2</sub> plus élevées.

**FIGURE 2**

**CAPACITÉS RENOUVELABLES ET NON RENOUVELABLES AJOUTÉES DE 2001 À 2021**

Source : [IRENA](#), 2021



La plus grande partie de l'augmentation des émissions liées à l'énergie en 2021 provenait de la Chine, où la demande d'électricité a augmenté de 10 % en 2021, assurée à 56 % par le charbon<sup>21</sup>. La production de charbon de la Chine a atteint un record de 4,07 milliards de tonnes, soit 4,7 % de plus que l'année précédente<sup>22</sup>. En 2022, la production de charbon brut en Chine a augmenté de manière significative entre janvier et mai, avec une production nationale de 1,81 milliard de tonnes, soit une augmentation de 10,4 % en glissement annuel. Pourtant, selon Global Energy Monitor, les ajouts de nouvelles capacités de production d'électricité au charbon ont baissé de 35 % de 2020 à 2021 (CF. INDICATEURS). Au cours du deuxième trimestre de 2022, les émissions de la Chine ont connu une baisse record de 8 % (230 MtCO<sub>2</sub>, soit la plus importante de la décennie), sous l'effet de divers facteurs, dont les fermetures d'usine provoquées par des confinements stricts, une faible croissance de la demande d'électricité et une forte progression des énergies renouvelables<sup>23</sup>.

Après la Chine, l'Inde a vu sa production de charbon atteindre 777,31 Mt (+8,55 %) et ses importations de charbon 208,93 Mt en 2021-22 (jusqu'en avril 2022)<sup>24</sup>. Les ajouts de capacités de production au charbon en Inde ont explosé, de 234 % de 2020 à 2021 (CF. INDICATEURS). Le Japon, la Corée du Sud, l'Afrique du Sud, l'Indonésie, la Russie et l'Australie figurent également parmi les pays qui utilisent le plus de charbon en 2021. Des records de production d'électricité à partir du charbon ont aussi été établis dans d'autres pays d'Asie : en Mongolie (+13 %), au Pakistan (+8 %), aux Philippines (+8 %) et au Kazakhstan (+6 %)<sup>25</sup>.

Alors qu'en 2020 le charbon succombait aux faibles prix du gaz, la tendance s'est inversée en 2021 – la hausse des prix du gaz vers la fin de l'année a entraîné un recours au charbon, une tendance qui a été exacerbée par le conflit en Ukraine<sup>26</sup>. Dans l'ensemble, les prix du gaz sont restés volatils, mais les prix du GNL se sont envolés en raison de la réduction des importations européennes en provenance de Russie par les gazoducs<sup>27</sup>. Néanmoins, les émissions de gaz ont rebondi au-dessus des niveaux de 2019, et la demande a augmenté dans tous les secteurs<sup>28</sup>. La production mondiale de gaz naturel a atteint 4 036,9 milliards de mètres cubes<sup>29</sup>. L'Europe et l'Asie de l'Est restent les principaux importateurs de GNL, et le plan REPowerEU de l'UE vise à réduire de deux tiers la dépendance de l'Europe à l'égard du gaz russe d'ici à la fin de 2022, ce qui accroît la pression sur les approvisionnements en GNL<sup>30</sup>, mais aussi sur les autres sources d'énergie.

La production d'électricité à partir de gaz a augmenté de 1,3 %, passant de 6 017 TWh en 2020 à 6 098 TWh en 2021. La production d'électricité au gaz a donc atteint un plateau, tandis que les autres sources d'électricité ont augmenté de manière significative. Les plus fortes hausses de la part relative du gaz dans la production intérieure ont été enregistrées en Russie, en Turquie, et au Brésil, qui a compensé le manque d'hydroélectricité dû à une année sèche. L'Inde et la Chine ont toutes deux produit seulement 3 % de leur électricité à partir du gaz<sup>31</sup>.



La croissance exceptionnelle des énergies renouvelables pendant la pandémie a légèrement ralenti, mais l'ajout de capacités d'énergies renouvelables a continué à augmenter : +260 GW en 2021, pour un total installé de 3 068 GW. Les renouvelables représentent 81 % des nouvelles capacités en 2021, par rapport à 79 % en 2020 (FIG. 2)<sup>32</sup>.

Le solaire (133 GW) et l'éolien (93 GW) sont responsables de 88 % de cette augmentation de nouvelles capacités, dont une grande partie a lieu en Chine (53 GW de solaire, 47 GW d'éolien). L'Europe et l'Amérique du Nord ont augmenté leurs capacités solaires de 39 GW et 38 GW, respectivement. L'Inde (+10,3 GW), le Japon (+4,4 GW) et la Corée du Sud (+3,6 GW) ont également ajouté d'importantes capacités solaires<sup>33</sup>. En même temps, les « énergies propres » emploient plus de 50 % de l'ensemble des travailleurs du secteur de l'énergie<sup>b</sup>, selon l'AIE, en raison de la croissance substantielle des projets mis en ligne<sup>34</sup>.

Ces tendances se retrouvent dans la consommation d'électricité : en 2021, les énergies propres (y compris le nucléaire) représentaient 38 % du mix électrique mondial, en baisse d'un point depuis 2020<sup>35</sup>. Alors que les énergies renouvelables ont continué de croître, à un rythme certes plus lent, l'explosion de la demande d'électricité provoquée par la relance économique, ajoutée à la crise énergétique en cours, a entraîné la remise en service d'un plus grand nombre de centrales à combustibles fossiles. La part des renouvelables dans le mix énergétique mondial n'a que légèrement augmenté entre 2009 (8,7 %), 2019 (11,7 %), et 2020 (12,6 %)<sup>36</sup>. Ajoutant à cette dynamique, le premier semestre de l'année 2022, marqué

par la guerre en Ukraine, a mis en avant la question de la sécurité énergétique, dans un contexte d'offre restreinte et de flambée des prix – et un basculement dans les parts relatives des énergies fossiles et renouvelables.



L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

## La revitalisation des fossiles : une histoire en trois courbes

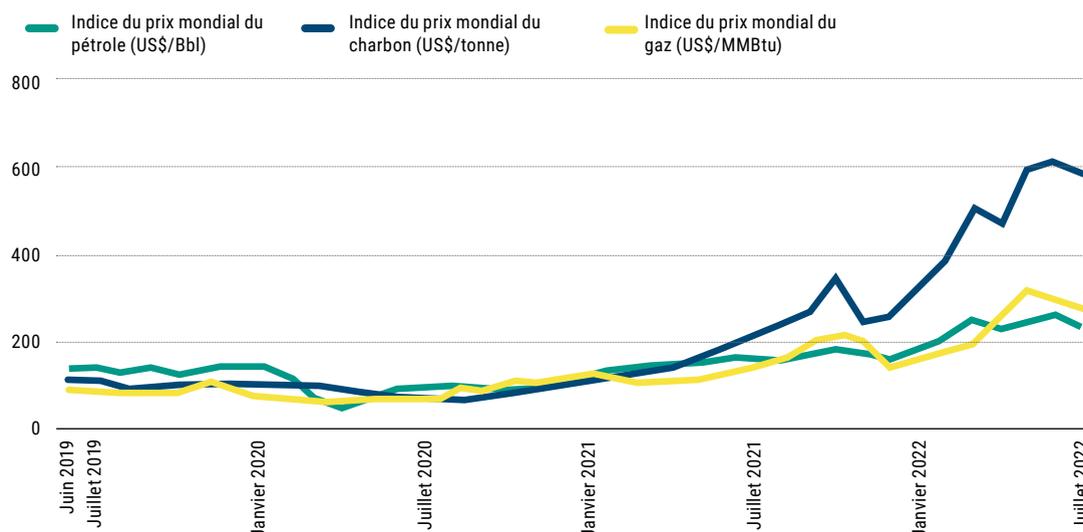
### Avant la guerre en Ukraine, une situation déjà explosive

Le pétrole, le gaz et le charbon ont tous connu une renaissance de leur demande au second semestre 2021. À la fin de l'année 2021, l'AIE estimait que la demande de charbon a augmenté de 6 % en 2021, menaçant ainsi les objectifs de zéro émission nette<sup>37</sup>. Cela s'est reflété dans les prix du charbon qui, depuis mai 2021, ont connu une nette augmentation (FIG. 3). La montée des prix tient en grande partie à l'incapacité de l'offre à répondre à la demande du plus grand marché, la Chine, et en partie à la hausse des prix du gaz naturel. Les prix ont atteint un pic en octobre 2021, le charbon thermique importé en Europe atteignant jusqu'à 298 \$/t, avant de redescendre en novembre 2021 en raison des politiques d'intervention du gouvernement chinois<sup>38</sup>. Les prix se sont à nouveau envolés au mois de janvier 2022, en raison d'une interdiction d'exportation du charbon en Indonésie<sup>39</sup>, et de tensions accrues en Ukraine<sup>40</sup>.

FIGURE 3

### INDICES DES PRIX MONDIAUX DU CHARBON, DU GAZ, ET DU PÉTROLE, JUIN 2019 – JUILLET 2022

Source : Climate Chance à partir des données FMI, 2022



b Selon l'AIE, « l'emploi dans les énergies propres » comprend les personnes travaillant dans l'approvisionnement en bioénergie, le nucléaire et les énergies renouvelables pour la production d'électricité, les réseaux et le stockage, la fabrication de véhicules électriques et l'efficacité énergétique.



Cette flambée des prix s'est reflétée dans les profits des sociétés minières et des producteurs de charbon (thermique et industriel), dont les bénéficiaires ont grimpé en flèche. Par exemple, Peabody, le plus grand producteur privé de charbon au monde, détenteur de la plus grande mine de charbon au monde, de North Antelope Rochelle dans le Wyoming, qui était en banqueroute en 2016, a dévoilé ses meilleurs résultats trimestriels depuis 20 ans, avec des bénéfices de 513 millions de dollars au dernier trimestre 2021<sup>41</sup>. L'industrie chinoise d'extraction et de transformation du charbon a vu ses bénéfices plus que doubler en 2021<sup>42</sup>, et les revenus miniers ont été multipliés par 1,75 entre janvier et mai 2022<sup>43</sup>. En 2022, les profits du charbon ont poursuivi leur ascension pour atteindre de nouveaux sommets. Glencore Plc a augmenté les profits de son activité charbon de 900 % au cours du premier semestre de l'année. Le producteur Coal India a triplé ses profits, et les entreprises chinoises ont vu leurs profits doubler au cours de la même période. La valeur des actions de Thungela Resources, l'ancienne filiale charbonnière d'Anglo American Plc, a crû de 1 000 % depuis son introduction en bourse en juin 2021<sup>44</sup>.

Les prix du pétrole étaient aussi en hausse dans le deuxième semestre de 2021 (**FIG. 3**), en raison de l'augmentation de la demande générée par la levée des confinements, mais aussi des perturbations liées aux conditions météorologiques, de la limitation de la production de l'OPEP+ et de la hausse des prix du gaz<sup>45</sup>. Début 2022, suite aux tensions géopolitiques – les tensions en Ukraine, attaques de drones aux EAU revendiquées par les rebelles houthistes du Yémen<sup>46</sup> – et à l'incapacité des producteurs à répondre à la demande<sup>47</sup>, les prix du pétrole ont atteint leur plus haut niveau depuis sept ans, et un nouveau pic lorsque le conflit ukrainien a éclaté.

La remontée des prix du gaz, occupant presque le devant de la scène, a été alimentée par des facteurs d'offre et de demande sur les marchés mondiaux du GNL et les marchés régionaux européens du gaz. Depuis le début de l'année 2021, et même pendant l'été, les marchés asiatiques ont dominé la demande mondiale de GNL, suivis de près par les marchés d'Amérique centrale et du Sud. Cette situation, à laquelle s'ajoutent un automne et un hiver plus froids, ainsi que la baisse de la production européenne de gaz, les faibles niveaux de stockage et des importations par gazoduc plus faibles que d'habitude en Russie (en particulier le long de la route Yamal-Europe), a fait grimper les prix<sup>48</sup>.

Fin 2021, des méthaniers chargés de GNL initialement destinés à l'Asie ont finalement été reroutés vers l'Europe, où le manque de gaz a conduit à une explosion des prix des contrats FFT-future et où les fournisseurs sont prêts à payer un prix plus élevé. Tout au long de l'année, les marchés chinois, japonais et coréen ont surenché sur la demande européenne. Selon Platts, le *spread* entre les prix européens et asiatiques, exprimés en \$/mBTU, n'a jamais été aussi élevé. Au point que l'Australie a adressé son premier cargo GNL à destination de l'Europe depuis 2009<sup>49</sup>. Alors que l'année 2022 avait commencé par des interrogations sur les approvisionnements russes, l'invasion de l'Ukraine a cimenté ces craintes, conduisant les prix à un nouveau pic. L'Europe s'est retrouvée dans l'œil du cyclone, largement dépendante du gaz russe jusqu'alors

(en 2021 plus de 40 % des importations de gaz du continent provenaient de Russie<sup>50</sup>), et devant prendre des mesures en faveur de son indépendance énergétique.

En conséquence des prix en hausse, les actions des compagnies pétro-gazières ont repris de la valeur sur les marchés boursiers depuis la hausse des prix du baril et la guerre en Ukraine. Certaines, comme BP, reviennent de loin : la valeur des actions de la firme britannique avait atteint son plus bas historique depuis 27 ans au plus fort de la pandémie. ExxonMobil avait même été éjectée du Dow Jones Industrial Average. Grâce aux surprofits générés à la faveur de l'augmentation des prix du baril, les compagnies pétro-gazières sont en mesure de distribuer de hauts niveaux de dividendes, et de racheter leurs propres actions (*buy back*) au prix fort. Symbole de cette fièvre boursière, Saudi Aramco, entreprise d'État, a repris à Apple la première place des entreprises les mieux cotées au monde<sup>51</sup>. Gazprom, la société russe, a enregistré des bénéfices records de 29 milliards de dollars en 2021<sup>52</sup>.

### **Gas is the new coal : la compétition explosive pour le GNL**

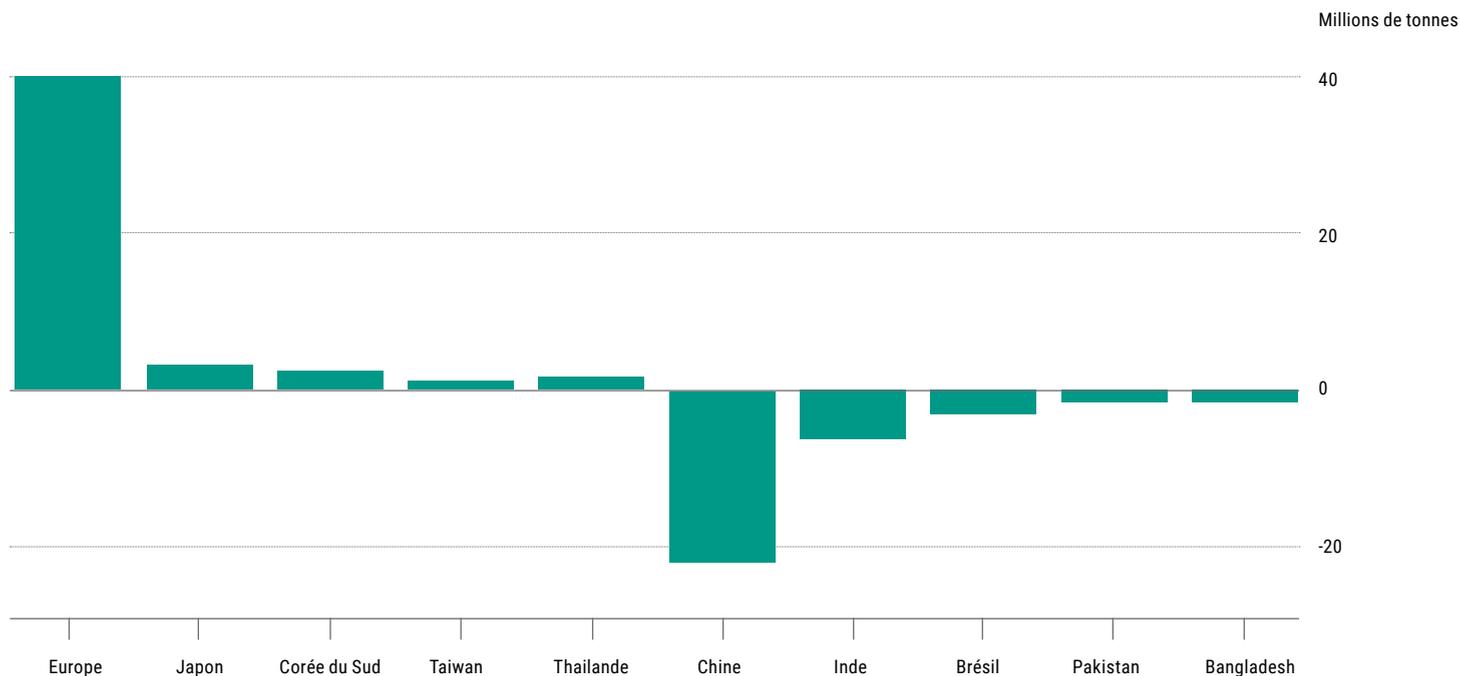
Selon une analyse de Climate Action Tracker<sup>53</sup> sur les politiques de relance et de résilience des États face aux crises énergétiques successives posées par la pandémie et l'invasion de l'Ukraine par l'armée russe, nous assistons à une nouvelle « ruée vers l'or » des énergies fossiles, selon les termes du rapport, au vu des nombreux investissements dirigés vers l'ouverture de nouvelles infrastructures de gaz fossile (notamment GNL) et pétrolières (pipelines en Afrique de l'Est notamment – tels que le projet controversé EACOP<sup>54</sup>). Les mesures de compensation de l'augmentation des prix de l'énergie contribuent aussi à enfermer les consommateurs dans des systèmes énergétiques fossiles<sup>55</sup>.

Longtemps présenté comme un moyen de transition vers les énergies plus vertes (*bridge fuel*), l'empreinte carbone du gaz reste importante (**CF. ENCADRÉ 1**)<sup>56</sup>. En 2022, Global Energy Monitor recense 9 578 centrales à gaz dans le monde, dont 7 320 sont opérationnelles et 226 sont « mises en sommeil », c'est-à-dire pas en service mais maintenues dans un état tel qu'elles peuvent être remises en service si le besoin s'en fait sentir<sup>57</sup>.

**FIGURE 4**

**AUGMENTATION DE LA DEMANDE EN GNL EN 2022**

Source : *Financial Times*, 2022



**ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE**

**L'EMPREINTE CARBONE DU GAZ**

L'avantage du gaz naturel est dans ses émissions relativement faibles par rapport aux autres combustibles fossiles – il émet 50 % moins de CO<sub>2</sub> que le charbon et 30 % moins que le pétrole par unité d'énergie produite. Toutefois, des études récentes ont montré que le gaz naturel n'est peut-être pas aussi vert qu'il n'y paraît. Le gaz naturel a été la principale source de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> des combustibles fossiles pour la période 2010-2019 (42 %). Il est également responsable de 60 % des émissions de méthane provenant de la production de combustibles fossiles, y compris le méthane qui s'échappe pendant la production et le transport du gaz, et la production d'électricité. Le potentiel de réchauffement planétaire du méthane sur 100 ans est 28 à 32 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. Bien que le GNL gagne en popularité, les émissions liées à son approvisionnement et à son utilisation finale ont atteint 1,25 GtCO<sub>2</sub>e/an (~17 % des émissions du gaz naturel) en 2020.

Sources : *C2ES*, n.d. ; *UNECE*, n.d. ; *Hare et al.*, 2021

Dans le cas du GNL, 6,9 millions de tonnes par an (MTPA) de capacités de liquéfaction ont été ajoutées en 2021, et 12,5 MTPA dans les quatre premiers mois de 2022, ce qui a porté la capacité mondiale à 472,4 MTPA. À l'autre bout de la chaîne, la capacité mondiale de regazéification atteint 901,9 MTPA<sup>58</sup>. Les émissions provenant de l'approvisionnement et de l'utilisation finale du GNL sont estimées avoir atteint 1,25 GtCO<sub>2</sub>e/an (~17 % des émissions du gaz fossile) en 2020. Le GNL représentait environ 12 % de l'utilisation totale de gaz dans le monde en 2020<sup>59</sup>. Alors que les politiques décidées

en 2021 devraient faire passer cette part à 16 %, le contexte géopolitique de 2022 pourrait encore faire grimper ce chiffre – l'Europe donnant la priorité au GNL et au stockage pour remplacer les approvisionnements du gaz russe par gazoduc<sup>60</sup>. Le continent représente 85 % de l'augmentation de la demande en 2022 (FIG. 4)<sup>61</sup>.

La France ne reçoit plus de gaz russe depuis le 15 juin 2022 – GRTgaz constatant « l'interruption du flux physique entre la France et l'Allemagne », pays de transit pour le gaz russe importé en France. Gazprom avait annoncé le jour précédent réduire de 40 % ses livraisons de gaz à l'Allemagne par le gazoduc Nord Stream 1. En 2020, la Russie comptait pour 17 % des livraisons de gaz à la France, et la Norvège 36 %. Le niveau de stockage en France atteint 99 % au mois d'octobre, au-delà des niveaux habituels<sup>62</sup>. Dans le même temps, les livraisons de GNL aux quatre terminaux de regazéification français ont augmenté de 66 %, soit 51 TWh, notamment depuis les États-Unis<sup>63</sup>. En mai, Engie a signé un accord pour acheter du gaz à la société texane NextDecade, ce qui constitue un revirement de position par rapport à 2020, lorsqu'un accord potentiel avec des vendeurs américains avait été révoqué en raison de préoccupations environnementales<sup>64</sup>. La loi du 16 août 2022 portant des mesures d'urgence pour la protection du pouvoir d'achat prévoit l'accélération de l'installation d'un terminal méthanier flottant au large du Havre<sup>65</sup>, en plus de quatre terminaux existants de Dunkerque, Montoir-de-Bretagne et deux à Fos-sur-Mer.

Alors qu'elle ne dispose d'aucun terminal de regazéification du GNL, dont la construction peut prendre jusqu'à cinq ans, l'Allemagne tente de trouver des solutions alternatives pour échapper à la dépendance au gaz russe, telles que des ter-

minaux flottants et « des sites terrestres plus modulables ». Le pays affrète cinq terminaux GNL flottant (*Floating Storage and Regasification Units*, FSRU) par l'intermédiaire du gouvernement, et deux autres qui seront loués par le secteur privé<sup>66</sup>. Olaf Lief, ministre de l'Énergie du Land de Basse-Saxe, a annoncé l'accueil d'un tel terminal et d'un terminal terrestre. Le premier terminal doit être opérationnel à Wilhelmshaven avant la fin de l'année 2022, pour permettre l'importation de 5 bcm/an. Un second navire doit entrer en fonction début 2023, pour permettre à eux deux d'importer 10 à 14 bcm, selon RWE. Uniper de son côté « va affréter deux autres FSRU pour le gouvernement allemand auprès de la société grecque Dynagas. » Avec ces terminaux grecs, l'Allemagne disposera d'une capacité de regazéification de 20 bcm/an, soit l'équivalent de 50 % de ses importations de gaz russe. Il se peut que l'acquisition ou la location de FSRU prenne de l'ampleur en Europe durant l'année, alors que seuls 48 de ces terminaux existent dans le monde aujourd'hui, selon Bloomberg<sup>67, 68</sup>.

Deux FSRU – le Golar Igloo et l'Eemshaven LNG – sont en cours d'installation dans le port néerlandais d'Eemshaven, où ils vont fonctionner pendant cinq ans, créant ensemble ce qui est baptisé le EemsEnergyTerminal, dont la capacité de huit milliards de mètres cubes a été vendu à Engie SA, à Shell Plc et à la compagnie tchèque CEZ AS. Le nouveau terminal a reçu sa première livraison en provenance des États-Unis et devrait en recevoir 18 autres d'ici la fin de l'année, afin de desservir non seulement les Pays-Bas mais aussi des pays enclavés comme la République tchèque<sup>69</sup>.

L'Espagne a développé depuis longtemps ses capacités d'importation de GNL. Le gaz représente une plus grande part de la production d'électricité<sup>70</sup>. À ce titre, et en raison de plus faibles interconnexions avec le reste du continent, l'Espagne s'oppose à l'objectif de réduction de la consommation d'énergie de 15 % proposé par la Commission européenne<sup>71</sup>.

Au Royaume-Uni, alors qu'en juillet 2022 Greenpeace poursuit le gouvernement britannique en justice pour avoir autorisé le projet Jackdaw d'exploitation gazière au large d'Aberdeen<sup>72</sup>, en Écosse, le nouveau gouvernement de Liz Truss a supprimé en septembre l'interdiction de la fracturation pour les projets pétroliers et gaziers, dans le cadre des mesures visant à lutter contre la hausse des factures d'énergie<sup>73</sup>. La fracturation a été interdite dans le pays en 2019, suite à plusieurs manifestations locales. Les gouvernements écossais et gallois font toujours opposition à la fracturation sur leur territoire<sup>74</sup>. Cette décision controversée du gouvernement de Truss a toutefois été annulée par Rishi Sunak à son entrée en fonction.

L'augmentation de la demande de GNL de l'Europe en 2022 a été si fulgurante que les pays européens ont surenchéri sur la Chine, l'Inde, le Brésil, le Pakistan et le Bangladesh (FIG. 4), qui seront donc confrontés au taux de déclin le plus élevé de

la demande de GNL – menaçant de pousser ces pays dans des crises énergétiques, selon le cabinet d'analyse ICIS. Les négociants en GNL semblent également chercher à profiter des différences de prix sur les marchés mondiaux, car les économies émergentes utilisent souvent le marché spot pour acheter du GNL<sup>75</sup>.

### Une fièvre qui n'épargne pas non plus les énergies renouvelables

Depuis 2010, les coûts du solaire ont chuté de 85 %, et ceux de l'éolien terrestre et offshore d'environ 50 %<sup>76</sup>. Dans le même temps, les installations renouvelables ont bénéficié de coûts stables, protégés des contextes géopolitiques. Une étude réalisée par l'association Transition Zéro, qui a construit un indice permettant de « suivre le prix du carbone nécessaire pour encourager le passage du charbon existant à l'éolien terrestre ou au solaire photovoltaïque avec stockage sur batterie dans 25 pays », montre, en suivant les données de 2010 à 2022, qu'il est plus rentable de passer du charbon aux énergies propres, que du charbon au gaz (*coal-to-gas*)<sup>77</sup>. En 2022, l'inflation croissante a aussi entraîné des perturbations dans la chaîne d'approvisionnement, ce qui a temporairement augmenté le coût des nouvelles installations d'énergies renouvelables – tout en les maintenant moins chères que les alternatives fossiles<sup>78</sup>.

Pour le consommateur final, le prix de l'électricité reste élevé – comme l'ont souligné les analystes, le gaz reste le facteur de fixation du prix de l'électricité dans toute l'Europe, grâce au système de tarification marginaliste du marché unique de l'électricité de l'UE, où tous les vendeurs reçoivent le même prix pour l'électricité<sup>79, 80</sup>. Au Royaume-Uni, la crise énergétique actuelle a fait grimper les prix de détail de 80 % et les prix de gros ont été multipliés par quatre, alors que le pays produit plus de la moitié de son électricité à partir de sources non fossiles<sup>81</sup>. En août 2022, les prix de gros en Allemagne et en France ont atteint des niveaux records, à 850 euros et plus de 1 000 euros le mégawattheure (MWh) respectivement, alors qu'en 2021, les prix étaient d'environ 85 euros/MWh dans ces pays<sup>82</sup>. Si les prix ont été élevés sur tout le continent, les réactions ont été variées selon les États. Certains, comme l'Espagne et le Portugal<sup>83</sup>, ont plafonné le prix du gaz naturel dans les centrales électriques, tandis que le Royaume-Uni plafonne les factures d'électricité en gros. Plusieurs États ont proposé des aides ou des allocations aux ménages, et beaucoup ont envisagé de taxer les entreprises énergétiques qui réalisent des superprofits (CF. PLUS BAS)<sup>84</sup>.

Autre indication de l'impact de la crise sur les énergies renouvelables, les prix des contrats d'achat d'électricité (PPA), l'un des outils préférés des acteurs privés et locaux<sup>c</sup> pour s'approvisionner en énergie renouvelable, ont largement augmenté en 2022. (CF. INDICATEURS). Les tarifs des PPA ont passé de 52,77 €/MWh en septembre 2021 à 171,4 €/MWh en août

c À propos des PPA, lire la Tendence « Avec les PPA, entreprises et villes sécurisent leur approvisionnement en électricité bas carbone », p. 24 dans Observatoire de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). *Climate Chance*

2022, avant de retomber à 105,81 €/MWh en septembre 2022. Des capacités insuffisantes de production et des contraintes réglementaires jusqu'en juillet 2022 ont restreint les volumes et provoqué le pic des tarifs<sup>85,86</sup>.

### Les superprofits, les impôts exceptionnels et la superconcentration des acteurs

La hausse des prix de l'énergie s'est répercutée en « superprofits » générés par les grandes entreprises, définis comme étant des « *enrichissements considérés comme supérieurs à la normale et dus à des circonstances extérieures qui font gagner de l'argent à une entreprise sans qu'elle n'ait rien modifié à sa façon d'opérer ni à ses décisions stratégiques* »<sup>87</sup>. Cette tendance a inquiété les gouvernements, la Roumanie et l'Espagne ayant déjà mis en œuvre des mécanismes temporaires à la fin de 2021 pour limiter les revenus excessifs des énergéticiens<sup>88</sup>. Dans sa communication REPowerEU de mars 2022, la Commission européenne a recommandé d'imposer des taxes sur ces bénéfices exceptionnels des fournisseurs d'énergie, mais conçus de manière à ne pas affecter les prix de gros de l'électricité et les tendances à long terme, et les revenus devant servir à alléger la charge du consommateur final. À la fin du mois de septembre 2022, la Grèce, la Hongrie, l'Italie, la Roumanie, l'Espagne et le Royaume-Uni avaient mis en place des taxes sur les bénéfices exceptionnels ; la République tchèque et la Pologne avaient publié des propositions visant à mettre en place une telle taxe, tandis que la Belgique, la Finlande, l'Allemagne, l'Irlande, les Pays-Bas et la Slovaquie avaient également manifesté leur intention de le faire (FIG. 5)<sup>89</sup>. Bien que l'idée d'une taxe sur les superprofits ait été proposée en France (le gouvernement a fait ajouter un amendement au budget 2023 qui imposera une « contribution temporaire » de 33 % des résultats des entreprises opérant dans les secteurs de pétrole, de gaz, de charbon ou les raffineurs<sup>90</sup>) et même votée par l'Assemblée nationale<sup>91</sup>, son imposition définitive reste un point d'interrogation, le ministre de l'Économie annonçant que l'amendement ne sera finalement pas retenu<sup>92</sup>.

Les taux et structures de ces taxes varient d'un pays à l'autre, ce qui a entraîné des différences dans le mode de calcul et les revenus initiaux. La taxe introduite en l'Italie a, jusqu'à présent, suscité des questions de constitutionnalité (sur son champ d'application et la distinction entre les entreprises), et n'a récolté que deux milliards d'euros sur les onze milliards attendus. En Pologne, les associations d'entreprises ont mis en garde contre une vague de faillites – une préoccupation qui semble s'appliquer également à d'autres pays<sup>93, 94</sup>. En Roumanie, la taxe de 98 % sur les revenus nets des entreprises de négoce de gaz et d'électricité a inquiété les commerçants, les entreprises domestiques se préparant à la faillite et aux procès à l'approche de l'hiver<sup>95</sup>.

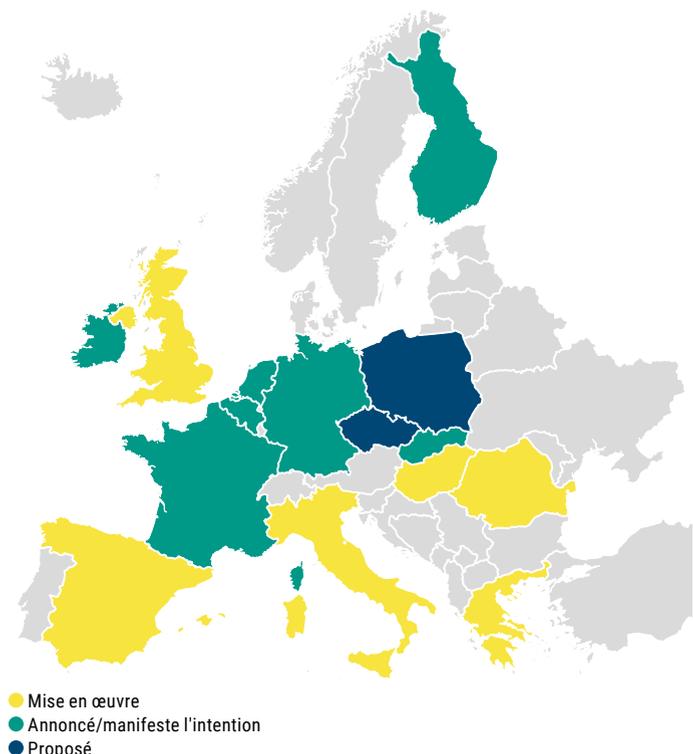
Les faillites de compagnies d'électricité plus petites et alternatives sont une autre tendance qui se manifeste sur le continent. Au Royaume-Uni, depuis le début de l'année 2021, 31 entreprises énergétiques ont cessé leurs activités, incapables de faire face à la flambée des prix de marché du gaz. Nombre d'entre elles ont ensuite été rachetées par des géants existants comme British Gas, Scottish Power et même EDF<sup>96</sup>. En France aussi, la crise qui a débuté chez les revendeurs d'électricité se poursuit, et les fournisseurs d'électricité et de gaz sont passés de 39 à l'été 2021 à 14 actuellement. Plusieurs fournisseurs ont décidé de ne plus proposer de nouvelles offres tout en gardant leurs clients existants ; d'autres comme Ohm, Mint, Mega et GreenYellow ont dû augmenter fortement leurs tarifs ; plusieurs clients ont été repoussés vers EDF<sup>97</sup>.

En Allemagne, ce sont les compagnies municipales d'électricité qui ont été frappées par l'inflation, rapportant la situation de crise qui a commencé en 2021 – avec la faillite de la compagnie d'électricité de taille moyenne Otima et d'autres qui utilisaient un modèle commercial fournissant de l'énergie à des prix fixes basés sur des « *développements stables et prévisibles* » sur le marché. Ces petites compagnies municipales se sont senties négligées, alors que des sociétés plus importantes comme Uniper et E.ON ont attiré l'attention nationale<sup>98</sup>.

**FIGURE 5**

### STATUT LÉGISLATIF DES TAXES SUR LES REVENUS EXCEPTIONNELS

Source : [Tax Foundation](#), 2022





En effet, Uniper, comme EDF, ont fait l'objet d'un plan de nationalisation de la part de leur gouvernement. Outre la concentration du secteur entre les mains d'acteurs plus importants qui ont mieux résisté à la crise, la tendance est également à la nationalisation. La France avait annoncé en juillet vouloir nationaliser EDF, avec des objectifs d'avoir un meilleur contrôle sur la stabilité des prix et une meilleure indépendance face au gaz russe. EDF est actuellement fournisseur de 70 % de l'électricité produite dans le pays, et l'État était déjà le propriétaire de l'entreprise à hauteur de 84 %<sup>99</sup>. Quant à Uniper, l'État allemand a annoncé son intention d'acquérir 99 % des actions de cette entreprise gazière en difficulté – la plus grande nationalisation jamais réalisée dans le pays<sup>100</sup>. La nationalisation, bien qu'elle ne soit qu'un « dernier recours », fait son apparition dans le secteur allemand de l'énergie, avec des discussions sur la participation de l'État à VNG, filiale d'Énergie Baden-Württemberg<sup>101</sup>, et la reprise par l'État de trois raffineries précédemment détenues par Rosneft<sup>102</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Après une année 2020 exceptionnelle, la demande d'énergie et la consommation d'électricité ont repris leur expansion en 2021, soutenues par la reprise économique. Si les énergies renouvelables ont poursuivi leur croissance galopante, ce sont les fossiles qui ont comblé l'appétit de la demande, poussant les émissions mondiales liées à l'énergie au-delà de leurs niveaux pré-pandémiques. Ajouté à des conditions météorologiques défavorables, ces conditions ont jeté les prémices d'une crise qui, dans un second temps seulement, a été intensifiée par les tensions géopolitiques en 2022. Si la guerre en Ukraine a présenté une motivation supplémentaire pour la transition énergétique sous la bannière de l'indépendance énergétique, la dépendance actuelle aux fossiles a entravé des ambitions plus grandes.**

Les prix du charbon, du pétrole et du gaz, qui ont tous connu des tendances à la hausse depuis le second semestre 2021, ont précipité plusieurs conséquences, notamment pour l'Europe. Pour les États, cela a conduit à s'interroger sur leur mix électrique, et à pivoter du gaz fourni par gazoduc vers le GNL, tout en répondant aux inquiétudes sur les superprofits et les faillites. Du côté des acteurs privés, les géants de l'industrie ont profité des prix historiquement élevés, tandis que les petites compagnies d'électricité ont été acculées à la faillite – ce qui a conduit à une concentration du secteur entre les mains des grands acteurs.

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 Enerdata (2022). Global Energy and CO<sub>2</sub> data. *Enerdata*
- 2 BP (2022). [Statistical Review of World Energy 2022](#). BP
- 3 AIE (25/01/2022). [Oil](#). Agence internationale de l'énergie
- 4 AIE (2022). [Oil Market Report – August 2022](#). Agence internationale de l'énergie
- 5 AIE (2022). [Oil Market Report – September 2022](#). Agence internationale de l'énergie
- 6 Gupte, E., et al. (09/08/2022). [OPEC+ crude oil output makes biggest gain in five months, but gap with quotas grows: Platts survey](#). S&P Global
- 7 Fanzeres, J. (02/06/2022). [Oil Rises as Stockpiles Fall, OPEC+ Supply Hike Disappoints](#). Bloomberg
- 8 Wilson, T. (12/07/2022). [Opec forecasts booming oil demand will test its production capacity](#). *Financial Times*
- 9 Watkins, S. (04/07/2022). [Is Saudi Arabia Exaggerating Its Oil Production Potential?](#) Oil Price
- 10 AIE (2022). [Global Energy Review: CO<sub>2</sub> Emissions in 2021](#). Agence internationale de l'énergie
- 11 Enerdata (2022) *Global Energy and CO<sub>2</sub> emissions*, op. cit.
- 12 AIE (2022). *Global Energy Review: CO<sub>2</sub> Emissions in 2021*, op. cit.
- 13 Jones, D. et al. (2022). [Global Electricity Review 2022](#). Ember
- 14 Chestney, N. (28/07/2022). [Global coal demand to match record high this year, IEA says](#). Reuters
- 15 Eurostat (02/05/2022). [Coal production and consumption see rebound in 2021](#). Commission européenne
- 16 FAZ (08/07/2022). [Grünes Licht für Kohle als Gas-Ersatz](#). Frankfurter Allgemeine Zeitung
- 17 Romei, V. & Arnold, M. (07/09/2022). [Germany turns to coal for a third of its electricity](#). *Financial Times*
- 18 Tayeb, Z. (11/09/2022). [Coal is making a comeback in energy-hungry Europe, sending prices soaring](#). Market Insider
- 19 EIA (12/2021). [Quarterly Coal Report, October – December 2021](#). U.S. Energy Information Administration
- 20 EIA (07/2022). [Quarterly Coal Report: Highlights for the first quarter of 2022](#). U.S. Energy Information Administration
- 21 AIE (2022). *Global Energy Review: CO<sub>2</sub> Emissions in 2021*, op. cit.
- 22 Reuters (17/01/2022). [China coal output hits record in Dec and in 2021 – Stats bureau](#). Reuters
- 23 Myllyvirta, L. (01/09/2022). [Analysis: China's CO<sub>2</sub> emissions fall by record 8% in second quarter of 2022](#). Carbon Brief
- 24 Ministry of Coal (s.d.). [Production and Supplies](#). Government of India
- 25 Jones, D. et al. (2022). [Global Electricity Review 2022](#), op. cit.
- 26 IGU (2022). [Global Gas Report 2022](#). International Gas Union
- 27 Savchenko, K. (27/05/2022). [Russian gas phaseout and the future of Europe's power generation](#). S&P Global
- 28 AIE (2022). *Global Energy Review: CO<sub>2</sub> Emissions in 2021*, op. cit.
- 29 BP (2022). [Statistical Review of World Energy 2022](#), op. cit.
- 30 IGU (2022). [Global Gas Report 2022](#), op. cit.
- 31 Jones, D. et al. (2022). [Global Electricity Review 2022](#), op. cit.
- 32 IRENA (2022). [Renewable Energy Statistics 2022](#). International Renewable Energy Agency
- 33 IRENA (2022). *Renewable Energy Statistics 2022*, op. cit.
- 34 AIE (2022). [World Energy Employment](#). Agence internationale de l'énergie
- 35 Jones, D. et al. (2022). [Global Electricity Review 2022](#), op. cit.
- 36 REN21 (2022). [Renewables 2022 Global Status Report](#). REN21.
- 37 Kinch, D. (17/12/2021). [Global coal demand to grow 6% in 2021, threatening net-zero goals: IEA](#). S&P Global
- 38 AIE (2021). [Coal 2021: Analysis and Forecast upto 2024](#). Agence internationale de l'énergie.
- 39 Russell, C. (24/01/2022). [Indonesia's coal ban send prices soaring, other exporters fail to step up](#). Reuters
- 40 Varadhan, S. (28/01/2022). [Global coal prices surge as Ukraine tensions worsen supply woes](#). Reuters
- 41 McCormick, M. (10/02/2022). [Coal titan turns round as demand strengthens for dirtiest fossil fuel](#). *Financial Times*
- 42 National Bureau of Statistics of China (28/01/2022). [The Profit of Industrial Enterprises above Designated Size in 2021](#). National Bureau of Statistics of China
- 43 China Electric Power News (28/06/2022). [Morning Energy Bulletin \(June 28\)](#) China Electric Power News
- 44 Bloomberg News (13/08/2022). [Coal giants are making mega profits as climate crisis grips the world](#). Mining.com
- 45 Nagle, P. & Temaj, K. (02/11/2022). [Oil market developments – rising price amid broader surge in energy prices](#). World Bank Blogs
- 46 Wallace, J. (18/01/2022). [Oil Prices Hit Seven-Year High on Rising Geopolitical Tensions](#). *The Wall Street Journal*
- 47 Reed, S. (14/01/2022). [Oil Producers Aren't Keeping Up With Demand, Causing Prices to Stay High](#). *The New York Times*
- 48 Fulwood, M. (01/2022). [Surging 2021 European Gas Prices – Why and How?](#) The Oxford Institute for Energy Studies
- 49 Wilson, T., Hume, N., Pop, V. (21/12/2021). [Ships carrying natural gas head for Europe as prices surge to new high](#). *Financial Times*
- 50 Commission européenne (20/04/2022). [In focus: Reducing the EU's dependence on imported fossil fuels](#). Commission Européenne.
- 51 Wilson, T. (10/06/2022). [Oil and gas back in vogue for retail investors](#). *Financial Times*
- 52 Reuters (27/04/2022). [Russia's Gazprom lands record high profit of \\$29 bln in 2021](#). Reuters
- 53 CAT, NewClimate Institute, Climate Analytics (2022). [Global reaction to energy crisis risks zero carbon transition](#). Climate Action Tracker, NewClimate Institute, Climate Analytics
- 54 Rosen, J.W. (12/09/2022). [Economic lifeline or climate peril? East African pipeline is a new flashpoint](#). *National Geographic*
- 55 CAT, NewClimate Institute, Climate Analytics (2022). [Global reaction to energy crisis...](#), op. cit.
- 56 Hare, B., Ganti, G., Maxwell, V., et al. (2021). [Why gas is the new coal](#). Climate Analytics
- 57 Global Energy Monitor (2022). [Global Gas Plant Tracker](#). Consulté le 30/09/2022
- 58 IGU (07/2022). [2022 World LNG Report](#). International Gas Union
- 59 Hare, B., Ganti, G., Maxwell, V., et al. (2021). [Why gas is the new coal](#), op. cit.
- 60 Parlement Européen (2022). [Briefing: EU gas storage and LNG capacity as responses to the war in Ukraine](#). Parlement européen
- 61 Tani, S. & Parkin, B. (23/09/2022). [Europe's appetite for LNG leaves developing nations starved of gas](#). *Financial Times*
- 62 GIE. [Aggregated Gas Storage Inventory](#), consulté le 20/10/2022.
- 63 Pécout, A. (18/06/2022). [Guerre en Ukraine : la France ne reçoit plus de gaz russe](#). *Le Monde*
- 64 Jacobs, J. & White, S. (02/05/2022). [French utility Engie buys US natural gas as Europe looks beyond Russia](#). *Financial Times*.
- 65 Vie publique (17/08/2022). [Loi du 16 août 2022 portant mesures d'urgence pour la protection du pouvoir d'achat](#). Vie publique
- 66 Koc, C. & Shiryayevskaya, A. (08/09/2022). [New Gas Terminals Arrive to Ease Putin's Grip on Europe](#). Bloomberg
- 67 Kurmayer, N. J. (06/05/2022). [L'Allemagne acquiert quatre terminaux GNL flottants dans une course effrénée pour remplacer le gaz russe](#). Euractiv
- 68 Delfs, A. & Dezem, V. (05/05/2022). [Germany Rents Floating LNG Hubs to Cut Reliance on Russian Gas](#). Bloomberg

- 69 Koc, C. & Shiryayevskaya, A. (08/09/2022). [New Gas Terminals Arrive...](#), op. cit.
- 70 Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2021). [Espagne • Après des années de vents contraires, les renouvelables se font une place au soleil.](#) *Climate Chance*
- 71 Reuters (21/07/2022). [L'Espagne s'oppose à une réduction de la consommation de gaz.](#) *Reuters*
- 72 Keane, K. (26/07/2022). [Greenpeace lodges legal bid to halt Jackdaw gas field in North Sea.](#) *BBC News*
- 73 BBC (08/09/2022). [Fracking ban in England lifted in bid to boost UK gas supply.](#) *BBC News*
- 74 BBC (24/09/2022). [What is fracking and why is it controversial?](#) *BBC News*
- 75 Tani, S. & Parkin, B. (23/09/2022). [Europe's appetite for LNG...](#), op. cit.
- 76 IRENA (2021). [Renewable Power Generation Costs in 2020.](#) *International Renewable Energy Agency*
- 77 Gray, M. (10/05/2022). [Fuel Switching 2.0: Carbon Price Index for Coal-to-Clean Electricity.](#) *TransitionZero*
- 78 BloombergNEF (30/06/2022). [Cost of New Renewables Temporarily Rises as Inflation Starts to Bite.](#) *BloombergNEF*
- 79 Jaeger, J. et al. (24/01/2022). [Renewable Energy Shouldn't Be Blamed for Spiking Energy Prices – It's the Solution.](#) *World Resources Institute*
- 80 UCL News (06/09/2022). [Electricity prices dictates by gas producers who provide less than half of UK electricity.](#) *University College of London*
- 81 *Ibid.*
- 82 Le Monde, AFP (26/08/2022). [Le prix de gros de l'électricité en France dépasse 1000 euros le mégawattheure, contre 85 euros il y a un an.](#) *Le Monde.*
- 83 Hancock, A., Fleming, S. & Wilson, T. (01/09/2022). [What are the EU's plans to curb electricity prices?](#) *Financial Times.*
- 84 Carbonaro, G. & Huet, N. (21/09/2022). [Energy bills are soaring in Europe. This is what countries are doing to help you pay them.](#) *Euronews.*
- 85 Pexapark (2022). [Pexa Euro Composite.](#) Consulté le 07/09/2022
- 86 Sanchez Molina, P. (29/06/2022). [Ukraine war halting PPAs, driving up prices across Europe.](#) *PV Magazine*
- 87 Aubert, R. & Deroeux, I. (01/09/2022). [D'où vient la notion de « superprofit » et que signifie-t-elle vraiment ?](#) *Le Monde*
- 88 Enache, C. (04/10/2022). [What European Countries Are Doing about Windfall Profit Taxes.](#) *Tax Foundation*
- 89 *Ibid.*
- 90 Golla, M. (11/10/2022). [Taxer les superprofits : le gouvernement fait volte-face.](#) *Novethic*
- 91 Boiteau, V. (13/10/2022). [Une nuit au Bourbon : A l'Assemblée, le gouvernement débordé par sa majorité sur une taxation des « superdividendes ».](#) *Libération*
- 92 Farge, B. (17/10/2022). [Taxe sur les superdividendes : Bruno Le Maire annonce que cet amendement ne sera pas retenu.](#) *BFM TV*
- 93 Enache, C. (2022). [What European Countries....](#), op. cit.
- 94 Fonte, G. (02/08/2022). [Italy faces shortfall of over \\$9 billion on energy windfall tax – document.](#) *Euronews*
- 95 Sabadus, A. (02/09/2022). [Romania's hefty energy tax to put security of supply at risk – traders.](#) *Independent Commodity Intelligence Services*
- 96 Cyrus, C. (18/02/2022). [Failed UK Energy Suppliers Update.](#) *Forbes*
- 97 Cessac, M. (28/09/2022). [Débâcle chez les fournisseurs d'électricité alternatifs.](#) *Le Monde*
- 98 Kurmayer, N. J. (06/09/2022). [Energy crisis looms large over Germany's local utilities.](#) *Euractiv*
- 99 Winters, J. (08/07/2022). [France will nationalize its biggest energy company.](#) *Grist*
- 100 Kurmayer, N. J. (21/09/2022). [Uniper : l'Allemagne va nationaliser le géant gazier en difficulté.](#) *Euractiv*
- 101 Geinitz, C. (15/09/2022). [Verstaatlichung als letzter Ausweg in der Energiewirtschaft.](#) *Frankfurter Allgemeine Zeitung*
- 102 Chazan, G. (16/09/2022). [Germany seizes control of Rosneft oil refineries.](#) *Financial Times*



TENDANCES  
RENOUVELABLES

# L'Afrique poursuit son développement des énergies renouvelables, malgré quelques obstacles

MÉLAINE ASSÈ-WASSA SAMA • Chargé de projet, Observatoire de l'action climat en Afrique, Climate Chance

L'accès à l'énergie est l'un des grands défis du continent africain qui présente l'un des taux d'accès à l'électricité les plus faibles au monde. Dans un contexte marqué par le réchauffement climatique qui appelle une transition énergétique, le continent a fait le choix d'intégrer le développement des énergies renouvelables dans sa politique énergétique pour rattraper son retard et réduire sa dépendance aux énergies fossiles. Si les derniers rapports montrent un développement croissant des capacités installées d'énergies renouvelables grâce à des mécanismes financiers identifiés, ils révèlent aussi un besoin urgent d'investissements pour atteindre les objectifs fixés.



PANORAMA DES DONNÉES

## Les capacités de production renouvelables augmentent sur le continent africain

Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), plus de 600 millions de personnes n'ont toujours pas accès à l'électricité en Afrique et, sans mesures supplémentaires, 565 millions de personnes seront toujours sans accès à l'électricité en 2030<sup>1</sup>. La population ouest-africaine est la plus touchée avec seulement 8 % de la population rurale ayant accès à l'électricité. Selon les prévisions, la demande d'électricité de toute l'Afrique pourrait augmenter de 75 % d'ici à 2030 avec l'augmentation de la population et le développement économique<sup>2</sup>. L'Afrique possède 40 % du potentiel mondial de production d'énergies renouvelables, estimé à 2 431 765 térawatts/heure/an (TWh/an)<sup>3</sup>. Le continent possède par exemple 60 % des ressources solaires mondiales avec un rayonnement annuel variant entre 5 et 7 kilowatts/heure/mètre carré (KWh/m<sup>2</sup>). Pourtant, seules 1,3 des infrastructures de production photovoltaïques mondiales sont situées sur le continent. Le secteur reste globalement très peu exploité, mais les tendances montrent

qu'il est en pleine évolution, avec une augmentation des infrastructures sur le continent africain. 22 pays africains<sup>4</sup> utilisent déjà les énergies renouvelables comme principale source d'électricité et huit<sup>a</sup> d'entre eux génèrent plus de 90 % de leur électricité à partir d'énergies renouvelables. D'après les projections de l'IRENA, d'ici 2030, les énergies renouvelables pourraient représenter environ 65 % de la production d'électricité en Afrique subsaharienne<sup>5</sup>.

S'agissant de l'énergie solaire par exemple, désormais, treize pays d'Afrique subsaharienne (à l'exclusion de l'Afrique du Sud) disposent de plus de 50 mégawatts (MW) de capacité installée<sup>6</sup>. D'après l'AIE, l'énergie solaire et l'énergie éolienne pourraient représenter environ 27 % de la production d'électricité en 2030<sup>7</sup>. Mais si les installations solaires photovoltaïques ont connu une évolution spectaculaire en Afrique en 2019, celles-ci ont fortement baissé en 2020 avant de repartir à la hausse en 2021<sup>b</sup>. Alors que l'ajout de nouvelles capacités renouvelables a poursuivi sa croissance mondiale en 2020, la crise sanitaire a considérablement ralenti le démarrage de plusieurs grands projets en Afrique, en raison de risques financiers accrus.

Le potentiel de production éolien du continent est estimé à 978 066 TWh/an<sup>8</sup>. Cependant selon le rapport de la fonda-

a République centrafricaine (96,3 %), RD Congo (98,9 %), Eswatini (99,8 %), Éthiopie (100,0 %), Lesotho (99,9 %), Mozambique (95,4 %), Namibie (91,0 %), Ouganda (97,7 %).

b Dans le monde, les capacités photovoltaïques nouvellement installées ont continué à augmenter passant de 118 GW en 2019 à 144 GW en 2020 et à 183 GW en 2021. Voir les chiffres de [Bloomberg New Energy Finance](#) (BNEF).



tion Mo Ibrahim, l'éolien est encore largement inexploité en Afrique (0,01% de son potentiel)<sup>9</sup>. Les régions les plus adaptées à l'exploitation de l'énergie éolienne à grande échelle sont l'Afrique du Nord, le Sahel, la Corne de l'Afrique et le Sud-Ouest de l'Afrique. L'Afrique du Sud est le plus grand marché de l'énergie éolienne en Afrique subsaharienne, en termes de capacité installée. En 2021, cette capacité a été estimée à 2 956 MW<sup>10</sup>, contre 2 094 MW en 2019, soit un bond de 29 % en deux ans. L'Afrique du Sud concentre à elle seule 40 % des capacités éoliennes installées sur le continent africain<sup>11</sup>.

Derrière l'Afrique du Sud se trouve l'Égypte, dont la capacité éolienne installée s'est établie à 1 640 MW (22 % du total continental)<sup>12</sup>. Le pays prévoit d'atteindre un taux de 42 % d'énergies renouvelables dans mix énergétique d'ici 2035, dont 14 % d'énergie éolienne. Le Maroc ferme la marche du podium avec, en 2021, 1 435 MW de capacité installée d'énergie éolienne onshore, soit près de 20 % du total continental. Dans ses engagements volontaires pour 2030, le Maroc prévoit d'atteindre 52 % de la capacité installée en électricité renouvelable d'ici 2030, dont 20 % d'éolien<sup>13</sup>. En Afrique de l'Ouest, le déploiement de la capacité d'énergie éolienne est lent et se concentre au Niger et surtout au Sénégal<sup>14</sup>, qui dispose à ce jour du plus grand parc éolien de la sous-région (158 MW)<sup>15</sup>. Le pays se fixe comme objectif d'atteindre 350 MW d'énergie éolienne. En Afrique de l'Est, le Kenya se positionne comme le leader de l'énergie éolienne. Avec une augmentation de 102 MW en 2021, sa capacité installée est estimée à 440 MW<sup>16</sup>. Au Sahel, une exploitation optimale du potentiel éolien augmenterait jusqu'à 30 fois la capacité électrique des pays comme le Tchad, la Mauritanie, le Niger et le Mali<sup>17</sup>.

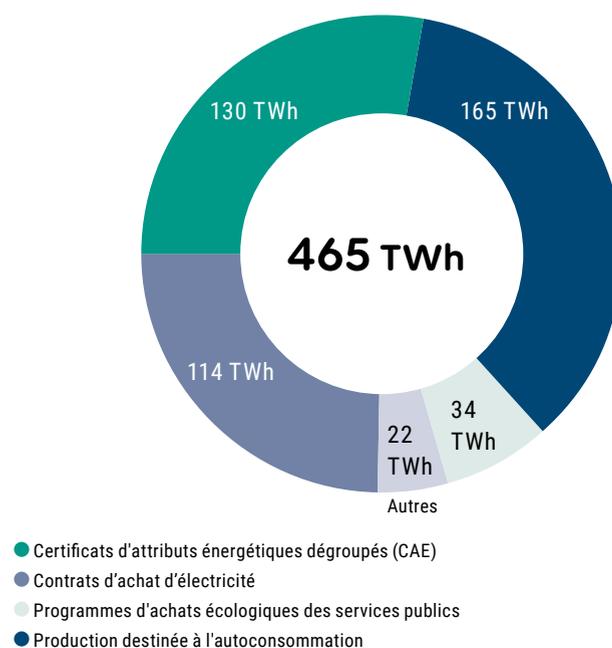
Du fait du potentiel qu'il représente en tant que débouché de la production électrique d'origine renouvelable, l'Afrique s'intéresse de plus en plus à la production d'hydrogène vert. En mai 2022, six pays africains – Égypte, Kenya, Mauritanie, Maroc, Namibie, et l'Afrique du Sud – ont lancé l'African Green Hydrogen Alliance<sup>18</sup> avec comme objectif de faire du continent un acteur clé de la production d'hydrogène vert. La Namibie vise une production de 300 000 tonnes d'hydrogène vert par an d'ici 2026, tandis que l'Égypte prévoit trois projets de production d'hydrogène vert d'une capacité combinée de 300 MW<sup>19</sup>. L'Afrique du Sud se positionne également comme un futur leader du marché de l'hydrogène vert avec un objectif de production de 500 000 tonnes par an d'hydrogène vert d'ici 2030. Le pays pourrait alors produire de l'hydrogène vert pour 1,60 \$/kg, soit l'un des coûts les plus bas au monde<sup>20</sup>. Le gouvernement sud-africain travaille avec les groupes Platinum et ENGIE pour développer le programme « Hydrogen Valley »<sup>21</sup>, visant à former un écosystème industriel intégré pour l'hydrogène vert. Selon l'AIE, l'Afrique pourrait produire 5 000 Mt d'hydrogène à moins de 2 \$/kg, « soit l'équivalent de la demande mondiale d'énergie primaire actuelle »<sup>22</sup>.

Le panorama général des énergies renouvelables en Afrique révèle une dynamique plutôt positive. Celle-ci est en partie soutenue par des investissements publics très coûteux pour les pays africains. Entre 2010 et 2019, les gouvernements africains ont triplé les investissements publics dans les énergies renouvelables, jusqu'à 47 milliards de dollars (Md\$) contre 13,4 Md\$ au cours de la décennie précédente<sup>23</sup>. Cependant, ceux-ci restent très insuffisants au regard des objectifs de production nationaux fixés. Cette situation a été aggravée par la crise sanitaire qui a ralenti la mise en œuvre des projets du fait des risques financiers accrus à la fois pour les pays et le secteur privé. Plusieurs outils sont déjà utilisés afin de diriger les mécanismes et flux financiers de manière effective et adéquate vers l'Afrique<sup>24</sup>. En particulier, les contrats d'achat d'électricité (*Power Purchase Agreements*) suscitent beaucoup d'intérêt sur le marché mondial des énergies renouvelables (FIG. 1), notamment pour sécuriser l'approvisionnement en énergie ou électricité renouvelable (*Green PPA*). En Afrique, le recours aux *Green PPA* impulse un élan nouveau dans le développement de nouvelles capacités d'énergies renouvelables, notamment solaire et éolienne.

FIGURE 1

#### APPROVISIONNEMENT MONDIAL DES ENTREPRISES EN ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE PAR MODÈLE D'APPROVISIONNEMENT

Source : IRENA, 2018





L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

## L'Afrique structure son marché d'énergie renouvelable grâce aux contrats d'achat d'énergies renouvelables

### Les PPA facilitent l'installation de producteurs indépendants d'énergie en Afrique et l'accroissement de la production renouvelable

Le secteur de la production d'énergie est la première source d'émissions de GES en Afrique à cause du recours massif aux énergies fossiles. Pour y remédier, les pays africains se tournent vers les énergies renouvelables. Dans la plupart des CDN soumises par les pays africains dans le cadre de l'accord de Paris sur le climat, on retrouve des promesses d'une transition énergétique permettant à la fois d'atteindre les objectifs de réduction des émissions et des objectifs d'accès universel à l'électricité. Pour cela, de plus en plus d'outils sont identifiés en Afrique contribuant efficacement à l'atteinte de ces objectifs. C'est le cas des contrats d'achats d'énergie renouvelable (*Green Power Purchase Agreement* en anglais), des contrats d'achat d'électricité liant un producteur et un consommateur<sup>25</sup>, qui sont de plus en plus utilisées en Afrique (cf. **ENCADRÉ 1**). Selon l'IRENA, ces contrats « ont prouvé leur capacité à accompagner la transition énergétique »<sup>26</sup> sur le continent.

Fondamentalement, ces contrats ne sont pas nouveaux puisqu'ils existent depuis longtemps pour la production d'électricité conventionnelle. Cependant, depuis l'émergence de la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables et le renforcement de leur attractivité, les PPA connaissent un regain d'intérêt. Les *Green PPA* désignent « un contrat entre un fournisseur ou un client commercial ou industriel et un producteur d'énergie verte pour l'achat d'énergie générée par des actifs d'énergie renouvelable »<sup>27</sup>. Il s'agit généralement d'un contrat d'une durée allant de cinq à vingt ans. Selon la source d'énergie renouvelable utilisée, on parle de PPA solaire, éolien, etc. En Afrique, les PPA solaires et éoliens y sont les plus fréquents.

Grâce aux nouveaux *Green PPA* qui sont conclus, les producteurs indépendants d'énergie se multiplient sur le continent<sup>28</sup>. Les producteurs indépendants d'énergie (PIE) sont des entités privées qui possèdent, développent et exploitent des infrastructures de production d'énergie sur la base de PPA à long terme conclus avec des compagnies d'électricité ou d'autres acheteurs. Les PIE peuvent être des producteurs locaux ou étrangers. Avec la demande en énergie en constante augmentation en Afrique, de nouveaux PIE s'installent sur le continent par le biais de *Green PPA* afin de répondre à la demande. En 2016, des PIE opéraient déjà dans 18 pays africains, « représentant 13 % de la capacité totale de production régionale »<sup>29</sup>.

L'Afrique du Sud demeure le plus grand marché pour les producteurs indépendants d'énergie renouvelable. Ce succès s'explique par son cadre réglementaire (dans le secteur énergétique) favorable aux investisseurs privés mais aussi au développement des *Green PPA*. L'Afrique du Sud a ainsi développé un nombre important de capacités installées d'énergies renouvelables grâce aux PIE. Depuis 2011, par exemple, plus de 112 projets portés par des PIE ont été enregistrés dans le pays<sup>30</sup>. L'Égypte développe un marché de l'éolien très favorable au secteur privé en particulier aux PIE. En 2019, un consortium international composé du groupe français ENGIE, le japonais Toyota Tsusho Corporation et Orascom Construction en Égypte a été mis en place pour développer le premier parc éolien privé d'une capacité de 262,5 MW<sup>31</sup>. En 2021, la société britannique d'énergie renouvelable, Lekela Power à l'origine d'un projet de Parc éolien West Bakr de 250 MW a signé un contrat d'achat d'électricité de 20 ans avec l'Egyptian Electricity Transmission Company (EETC), opérateur public pour fournir de l'électricité au réseau national.

#### ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

### LES DIFFÉRENTS TYPES DE PPA

Le terme PPA désigne un mode d'achat d'électricité qui recouvre en réalité de nombreux types de contrats différents, en fonction des contextes législatifs locaux et de l'organisation des différents marchés d'électricité. La plupart des PPA concerne des installations hors-site (*off-site*) géographiquement déconnectées de l'acheteur, contrairement aux installations sur site (*on-site*), qui peuvent faire l'objet de PPA mais sont aussi parfois tout simplement la propriété de l'entreprise ou de la municipalité, et relèvent donc dans ce cas de l'autoconsommation.

Les PPA peuvent être aussi « transfrontaliers » (*cross-border*), c'est-à-dire impliquant des acteurs qui n'évoluent pas sur les mêmes marchés d'électricité. Dans ce cas, un accord peut être trouvé avec l'opérateur du réseau pour l'acheminement de l'électricité, mais la plupart du temps, les *cross-border PPA* sont « virtuels » : le producteur vend l'électricité sur le marché dans lequel il évolue, le consommateur continue à acheter son électricité auprès d'un fournisseur du marché dans lequel il évolue, et compense les éventuelles fluctuations des prix du marché du producteur via le PPA. Dans ce cas, les deux marchés ne sont pas nécessairement reliés physiquement.

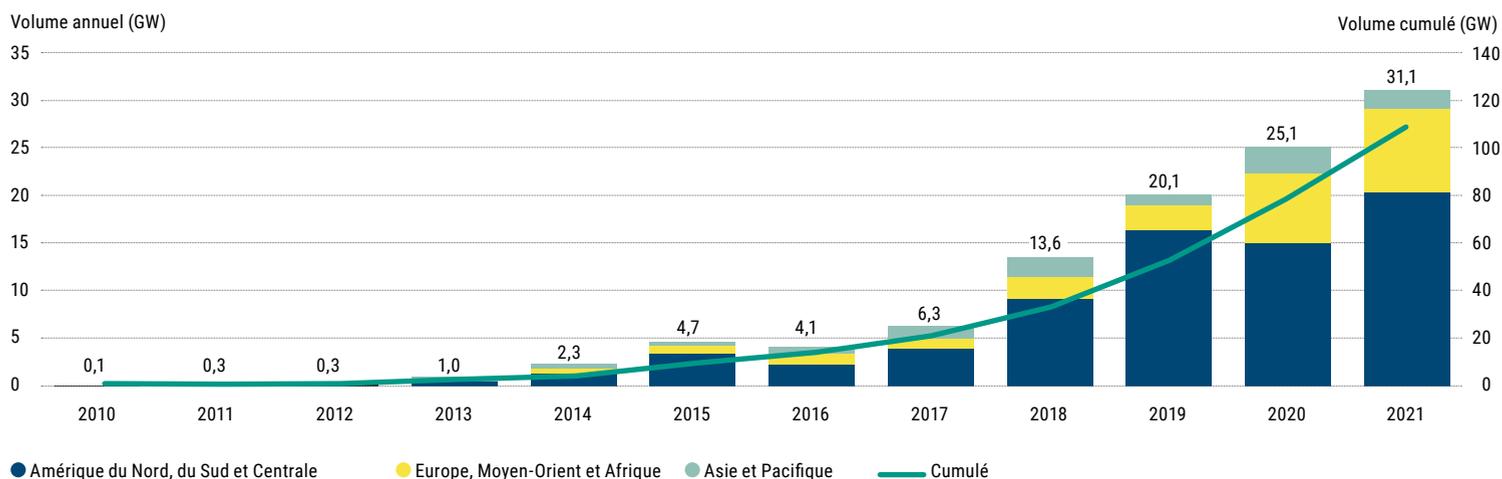
Les PPA peuvent également être conclus via un intermédiaire, souvent fournisseur de services énergétiques, qui se charge alors de rassembler différents producteurs pour former un portefeuille d'installations, de fournir l'électricité éventuellement manquante et de vendre l'électricité excédentaire ou encore d'assurer différents risques concernant les producteurs ou les consommateurs. On parle alors de *sleeved PPA*.

Quel que soit le type de PPA, s'il porte sur des énergies renouvelables (ce qui est le cas de la plupart aujourd'hui), l'acheteur accompagne presque systématiquement son contrat par l'achat de certificats d'énergie renouvelable correspondants ; soit ceux détenus par le site de production du PPA, soit ailleurs sur le marché des certificats, à hauteur du volume d'électricité acheté (fig. 2).

**FIGURE 2**

**VOLUMES MONDIAUX DE PPA D'ENTREPRISES, 2010-2021**

Source : [BloombergNEF](#), 2022



Les PPA sur site sont exclus. Le volume APAC est une estimation. Les PPA préformés au Mexique et les AAE manchonnés en Australie sont exclus. La capacité est exprimée en MW DC.

En Afrique de l'Ouest, le développement du secteur de l'énergie nécessite d'importants investissements que les États ne peuvent assumer à eux-seuls. Recourir aux *Green PPA* est devenu indispensable pour attirer les PIE. Le Sénégal et le Nigéria se distinguent comme de potentiels « hubs » de la sous-région. En 2016 déjà, le Nigéria avait conclu un PPA solaire dont le taux est considéré comme étant le plus bas d'Afrique de l'Ouest (7,5 ¢/kWh). Les deux pays ont les tarifs de PPA les plus bas de la sous-région. En 2018, à travers le programme « Scaling Solar » de la Banque mondiale, qui facilite le développement de projets solaires à grande échelle dans les pays en développement, un nouveau prix de référence pour la production d'électricité au Sénégal a été établi. Le prix était d'environ 5 ¢/kWh. Grâce aux PPA, le Sénégal a développé 100 MW de centrales solaires ainsi que le plus grand parc éolien d'Afrique de l'Ouest (158 MW), piloté par des PIE<sup>32</sup>.

**Les législations africaines évoluent pour faciliter l'utilisation des Green PPA et attirer les investissements privés**

Le marché de l'énergie est encore dominé par les entreprises étatiques. Cependant, selon certaines études, là où la participation du secteur privé est autorisée, les opérateurs privés surpassent les entreprises publiques pour le développement des renouvelables et l'accès à l'énergie<sup>33</sup>. Ainsi, pour créer un environnement favorable aux investisseurs privés et à l'éclosion des *Green PPA*, plusieurs États dans le monde ont entrepris des réformes ayant obtenu des résultats positifs. Le Vietnam par exemple, a élaboré plusieurs politiques de soutien au secteur de l'éolien terrestre ces dernières années. La plus emblématique d'entre elles est la décision 39/2018/QĐ-TTg<sup>c</sup> qui a donné une nouvelle dynamique au marché des éoliennes. À la suite de cette réforme, plus de 140 projets éoliens ont vu le jour par le biais de PPA conclus avec

l'entreprise publique EVNP. Grâce à ces réformes, le pays se classe aujourd'hui comme l'un des leaders de la transition énergétique en Asie du Sud-Est<sup>34</sup>.

En Afrique, les États s'engagent progressivement sur cette voie. Les réformes entreprises par certains gouvernements africains pour mettre en place un cadre juridique adapté et incitatif à la production d'énergies renouvelables s'appuient sur un cadre politique stimulant l'éclosion du secteur de production indépendante d'énergie. L'accent est particulièrement mis sur la facilitation de l'installation des PIE à travers notamment un accompagnement, par des structures spécialisées, des incitations fiscales ainsi que des exceptions au cadre réglementaire existant. Ces évolutions visent plusieurs objectifs principaux tels que la mise en place d'un cadre juridique pour le développement des énergies renouvelables et la diversification du mix de production de l'électricité. Ensuite elles facilitent la mise en place un cadre incitatif favorable à l'achat et à la vente de l'électricité à base des sources d'énergies renouvelables. Elles permettent aussi la mise en place un cadre de rémunération pour les producteurs de l'électricité à base des sources d'énergies renouvelables.

L'Afrique du Sud a très tôt entamé les réformes de son secteur énergétique à travers le Renewable Energy Independent Power Producer Program (REIPPP), ce qui lui vaut un statut de pionnier des réformes politiques et réglementaires en matière d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable<sup>35</sup>. Grâce à cela, elle obtient un score<sup>36</sup> RISE<sup>d</sup> (*Regulatory Indicators for Sustainable Energy*) de 82 en énergie renouvelable<sup>37</sup>, soit l'un des scores les plus élevés du continent<sup>e</sup>. Les scores RISE placent la Tunisie en tête du continent africain en matière de politiques et de réglementations pour l'accès à l'énergie, l'efficacité énergétique et les déploiement des énergies re-

c Décision disponible [en ligne](#).

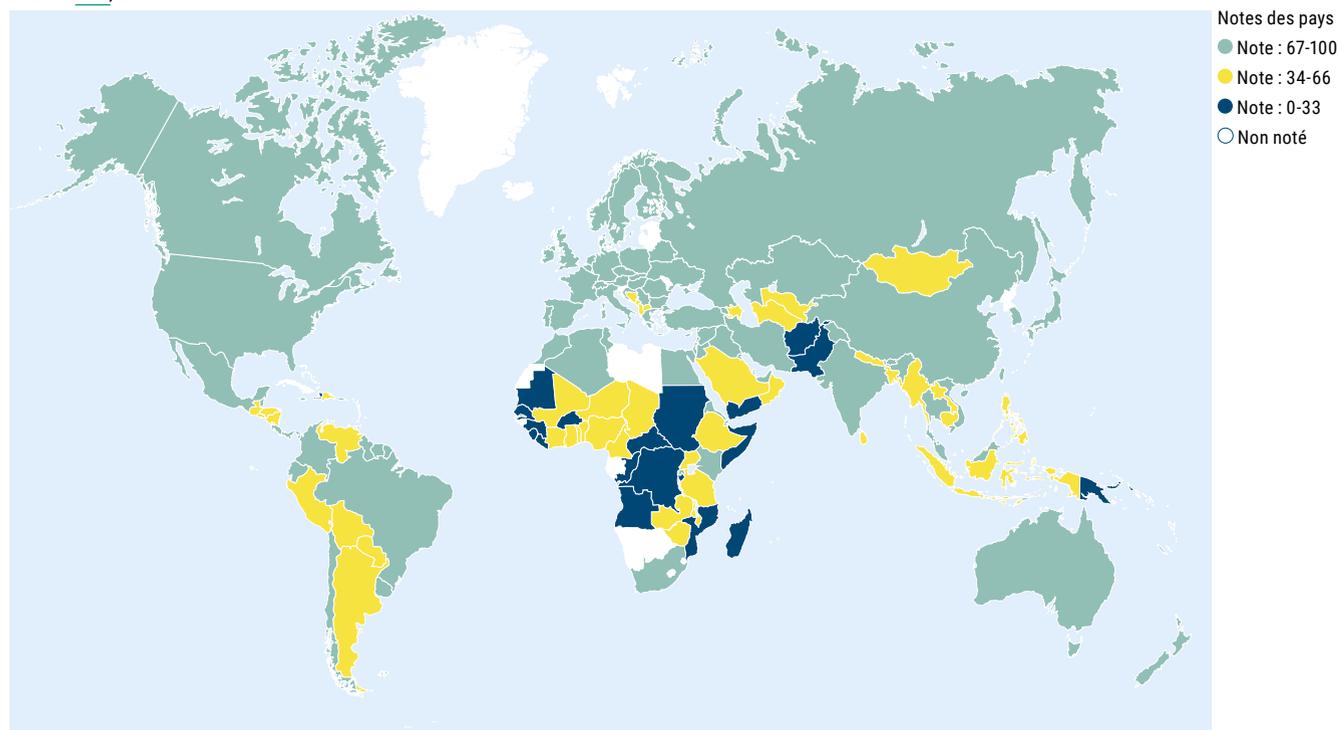
d Il s'agit d'un ensemble d'indicateurs permettant de comparer les cadres politiques et réglementaires nationaux en matière d'énergie durable.

e Le score global de l'Afrique du Sud est de 71.

**FIGURE 3**

**INDICATEURS RÉGLEMENTAIRES POUR L'ÉNERGIE DURABLE**

Source : *RISE*, 2019



nouvelables, ce qui indique un environnement globalement favorable aux énergies renouvelables et aux investissements privés<sup>38</sup>. Elle obtient, en 2019, la note de 84, plus élevée que celle d'autres pays développés.

À l'heure actuelle l'introduction d'une plus grande concurrence dans l'approvisionnement en électricité et l'attraction des investissements privés sont priorisées dans plusieurs pays africains. Certains services publics sont appelés à construire de nouvelles centrales par le biais de propositions non sollicitées et d'un fournisseur unique dans le cadre d'accords d'achat d'électricité, ce qui a parfois conduit à des achats et des prix excessifs, entraînant des soupçons de corruptions comme au Ghana<sup>39</sup>. Certains gouvernements ont donc été contraints d'intervenir pour renégocier certains contrats. Bien que la participation privée à la production en Afrique ait augmenté progressivement, la Zambie reste le seul pays où les opérateurs du secteur privé sont représentés dans toute la chaîne logistique, de la production, le transport et la distribution. Bien que les bénéfices de la participation du secteur privé soient évidents, des financements publics, d'institutions de financement du développement et de banques de développement, seront nécessaires pour réduire les risques des projets, en particulier dans leurs phases initiales<sup>40</sup>.

Par ailleurs, les systèmes d'enchères pour la distribution de nouvelles capacités se sont révélés efficaces pour réduire les coûts d'approvisionnement, notamment pour les projets d'énergies renouvelables à grande échelle, par exemple au Ghana. D'autres modèles visant à introduire la concurrence et la participation du secteur privé s'appuient sur les concessions

et la création d'exceptions réglementaires qui permettent à des opérateurs de réseaux ou de mini-réseaux de construire, voire d'exploiter sous conditions des installations mises en place par des entreprises de services publics. Ce modèle et d'autres sont également étudiés au Nigéria. Les entreprises privées exploitant des réseaux dans le cadre d'une concession ont déjà fait leurs preuves en Ouganda, où Umeme, une entreprise privée, a conclu un accord avec UEDCL, le service public, pour exploiter la quasi-totalité des réseaux de distribution du pays<sup>41</sup>.

**La pratique des PPA par les gros consommateurs, à l'instar de l'industrie minière, est naissante en Afrique**

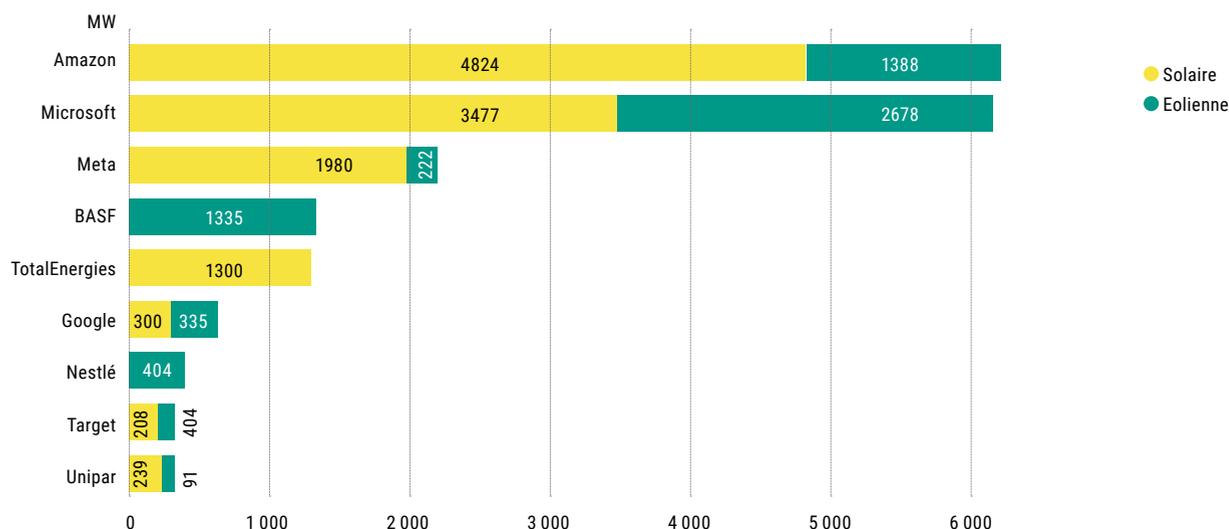
Les *Green Corporate PPAs* permettent aux entreprises, indépendamment de leur secteur d'activité, de décarboner leur consommation d'énergie tout en stabilisant leurs coûts d'approvisionnement à long terme. Il existe deux types de contrats d'approvisionnement en énergie verte : hors site et sur site (**CF. ENCADRÉ 1**). Les contrats sont dits « hors site » lorsque l'équipement de production d'énergie n'est pas installé chez le consommateur d'électricité, par opposition aux PPAs dits « sur site » où les installations de production d'énergie renouvelable sont installées sur le site de l'utilisateur. L'avantage des contrats hors site est qu'ils permettent le développement de parcs éoliens ou solaires de plus grande capacité, et qu'ils bénéficient des meilleurs emplacements pour la production d'électricité la plus rentable.

Le marché des PPA est largement dominé par les grosses entreprises, notamment celles du numérique. En 2020, Amazon avait été identifiée comme le leader de ce marché (**FIG. 4**),

**FIGURE 4**

**LES PRINCIPALES ENTREPRISES ACHETEUSES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE EN 2021**

Source : *BloombergNEF, 2022*



avec 35 PPA annoncés, représentant 5,1 GW, portant le total contractualisé par l'entreprise à 7,5 GW<sup>f</sup>. En 2021, Amazon poursuit sur sa lancée avec 44 PPA hors site annoncés dans neuf pays, représentant 6,2 GW. Cela porte sa capacité totale de PPA d'énergie renouvelable à 13,9 GW. Microsoft et Meta complètent le podium des entreprises leaders du marché avec respectivement 8,9 GW et 8 GW<sup>42</sup>.

En 2021, grâce aux *Green Corporate PPAs* les entreprises ont acheté 31,1 GW d'énergie renouvelable dans le monde, soit une hausse de près de 24 % par rapport à l'année précédente<sup>43</sup>. L'approvisionnement des entreprises en Europe, Moyen-Orient et en Afrique ont augmenté de 19 % pour atteindre 8,7 GW<sup>44</sup>. Déjà courants donc en Amérique du Nord, dans les pays nordiques et en Europe<sup>45</sup>, les *Green Corporate PPAs* connaissent un engouement naissant en Afrique, en raison notamment de la baisse des coûts de production de l'énergie verte<sup>46</sup>. En Afrique, les PPA sont de plus en plus utilisés par des entreprises pour accroître leurs productions d'énergie renouvelable. C'est le cas en Afrique du Sud notamment dans le secteur minier où la société minière Richard Bay Minerals (RBM) a signé un PPA solaire de 20 ans avec la société d'énergie renouvelable Voltalia<sup>47</sup>. La société d'énergies renouvelables fournira jusqu'à 300 GWh de capacité de production annuelle d'énergie solaire photovoltaïque aux installations de fusion et de traitement de RBM au KwaZulu-Natal.

En Afrique subsaharienne où les réseaux de distribution et de transport d'électricité limités, les grands consommateurs tels que les industries minières ont l'habitude de produire leur propre électricité ou de se procurer de l'électricité produite au diesel ou au fioul lourd (*heavy fuel oil - HFO*) sous diverses formes de PPA d'entreprise auprès de fournisseurs spécialisés. On constate depuis peu le développement de projets visant à remplacer la production hors réseau de diesel et de HFO par de l'énergie renouvelable ou en utilisant des solutions hybrides mixant le diesel ou le gaz aux énergies

renouvelables plus le stockage sur batterie. Ces solutions réduisent les coûts de carburant et de logistique ainsi que les émissions de carbone des exploitations.

Un exemple de ce changement de paradigme est le parc solaire d'EREN Renewable Energy et d'African Energy Management Platform de 15 MWc au Burkina Faso, qui a été mis en service en mars 2018<sup>48</sup>. La production de ce projet sera vendue à la mine d'or IAMGOLD Essakane SA dans le cadre d'un PPA de quinze ans. Elle complètera la centrale électrique à combustible lourd existante de la mine. Ce *Green Corporate PPA* permettra une réduction d'environ 18 500 tonnes de CO<sub>2</sub> et l'économie d'environ six millions de litres de carburant par an<sup>49</sup>.

**GRANDS ENSEIGNEMENTS**

**Les capacités installées de production d'électricité d'origine renouvelable s'accroissent sur le continent africain, comme ailleurs dans le monde, en particulier dans les secteurs du solaire et de l'éolien. Ces capacités de production sont néanmoins concentrées dans une poignée de pays. L'Afrique du Sud, le Kenya, la Tunisie, le Maroc, le Sénégal et le Nigéria se démarquent de leurs voisins en étant plus ouverts aux investissements des producteurs indépendants d'énergie. La multiplication des contrats d'achat d'énergie renouvelable permise par une vague de réformes en cours dans certains pays en Afrique favorise notamment l'investissement et l'installation de ces producteurs indépendants sur le continent. Néanmoins, le niveau général des investissements demeure insuffisant pour atteindre les objectifs de transition énergétique que le continent s'est fixé. Si des réformes sont déjà initiées par certains États pour attirer les investissements, ceux-ci doivent s'étendre à l'ensemble du continent, notamment à l'Afrique de l'Ouest pour créer un environnement propice au développement accéléré des capacités renouvelables installées.**

<sup>f</sup> Pour en savoir plus, voir Observatoire de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). *Climate Chance*.

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 IEA (2022). [Africa Energy Outlook 2022](#). International Energy Agency, p. 106.
- 2 *Ibid.*, p. 75
- 3 IRENA (2021). [La transition vers les énergies renouvelables en Afrique Renforcer l'accès, la résilience et la prospérité](#). p.38.
- 4 Mo Ibrahim Foundation (2022). [Forum report : Making Africa's Case in the Global Climate Debate](#). p. 45.
- 5 IRENA (2018). [Planification et perspectives pour les énergies renouvelables : Afrique de l'Ouest](#). p. 11.
- 6 IEA (2022). Op. Cit., p.43
- 7 IEA (2022). Op. Cit., p. 75
- 8 IRENA (2021). Op. Cit., p.38.
- 9 Mo Ibrahim Foundation. (2022). Op. Cit., p. 47.
- 10 GWEC (2022). [Global Wind Report 2022](#), p.131.
- 11 IRENA (2022). [Renewable capacity statistics 2022](#), p. 13.
- 12 *Ibid.*
- 13 *Ibid.*
- 14 IRENA (2018). Op. Cit., p. 60.
- 15 IRENA (2021). Op. Cit., p. 98.
- 16 GWEC (2022). Op. Cit., 114.
- 17 Mo Ibrahim Foundation. (2022). Op. Cit., p. 47.
- 18 UNFCCC (n.d.). [African Green Hydrogen Alliance](#). Climatechampions.unfccc.int
- 19 Mo Ibrahim Foundation (2022). Op. Cit., p. 45.
- 20 <https://gh2.org/countries/south-africa>
- 21 *Ibid.*
- 22 IEA (2022). [Africa Energy Outlook 2022](#). Résumé, p. 8.
- 23 Mo Ibrahim Foundation (2022). Op. Cit., p. 45.
- 24 IEA (2022). [Africa Energy Outlook 2022: Key Findings](#).
- 25 Observatoire de l'Industrie Électrique (2019). [« Corporate PPA » : fonctionnement et modalités contractuelles](#). [observatoire-electricite.fr](http://observatoire-electricite.fr)
- 26 IRENA, AfDB (2022). [Renewable energy market analysis : Africa and its regions](#). p.162.
- 27 <https://greensolver.net/fr/quest-ce-quun-ppa/>
- 28 IRENA (2021). Op. Cit., p. 28.
- 29 Blimpo, M. P., Cosgrove-Davies, M. (2020). [Accès à l'électricité en Afrique subsaharienne : Adoption, fiabilité et facteurs complémentaires d'impact économique](#). p.23.
- 30 Deloitte (2019). [Renewable energy in South Africa Valuation insights](#). p. 5.
- 31 *Ibid.*
- 32 IRENA (2021). Op. Cit., 98.
- 33 Grids4Africa (2021). [Private Sector Participation in African Grid Development](#). RES4Africa
- 34 GWEC (2022).Op. Cit., p. 114.
- 35 IRENA (2021). Op. Cit., p.99.
- 36 <https://rise.esmap.org/>
- 37 <https://rise.esmap.org/country/south-africa>
- 38 <https://rise.esmap.org/country/tunisia>.
- 39 Ackah I, Auth K, Moss T, Kwakye J. (2021). [A Case Study of Ghana's Power Purchase Agreements](#). p. 5.
- 40 IEA (2022). Op. Cit., p.135.
- 41 *Ibid.*
- 42 [BloombergNEF \(31/01/2022\). Corporate Clean ENergy Buying Tops 30GW Mark in Record Year](#).
- 43 REN21 (2022). [Renewables 2022 Global Status Report](#). p.48.
- 44 *Ibid.*
- 45 IRENA (2018), [Corporate Sourcing of Renewables : Market and Industry Trends – REmade Index 2018](#). p.46.
- 46 Baker McKenzie (2015). [The rise of corporate PPAs A new driver for renewables](#). p. 2.
- 47 Jacobo, J. T. (06/10/2022). [Volta inks 148MW solar PPA with Rio Tinto in South Africa](#). PV-Tech
- 48 <https://www.total-eren.com/realisation-eren/essakane/>.
- 49 Baker McKenzie (2018). [The Rise of Corporate PPAs 2.0 an Update](#). p. 7.



TENDANCES  
ADAPTATION

# Entre relance des fossiles et sobriété d'urgence, le douloureux apprentissage de l'adaptation des réseaux électriques

VIRGINIE HUGUES • Consultante adaptation au changement climatique

Largement confrontés aux effets du changement climatique, les réseaux et infrastructures énergétiques ont rencontré des difficultés à assurer un niveau d'approvisionnement à la hauteur de la demande lors de pics de consommation ou d'affaiblissement des capacités de production. Aux États-Unis, en Europe, en Inde, en Chine ou encore au Brésil, plusieurs épisodes climatiques extrêmes ont souligné durant l'année écoulée la vulnérabilité des réseaux électriques. Alors que le gaz, le pétrole et le charbon offrent un relai d'urgence très carboné aux défaillances ponctuelles des réseaux, la guerre en Ukraine a souligné combien cette dépendance aux énergies fossiles était coûteuse pour l'autonomie stratégique des acteurs. Ainsi, l'intégration de l'adaptation dans les scénarios et politiques de transition semble plus que jamais complémentaire des stratégies d'atténuation.



PANORAMA DES DONNÉES

## De l'été 2021 à l'été 2022 : des conditions météorologiques exceptionnelles qui pourraient devenir la norme

Le bilan climatique de l'année 2021 publié par l'organisation météorologique mondiale (OMM) montre une intensification des événements extrêmes liés aux changements climatiques. La température mondiale moyenne est supérieure d'environ 1,11 °C par rapport à la moyenne de la période préindustrielle. Des records de température ont été atteints (54,5 °C dans la Vallée de la Mort, Californie, aux États-Unis ; 48,8 °C à Syracuse en Italie). À la mi-août, le Groenland a subi une fonte des glaces exceptionnelle, et pour la première fois, des chutes de pluie ont été enregistrées au point culminant (3 216 m d'altitude), les températures étant restées positives durant plusieurs heures d'affilée. Ailleurs dans le monde, des inondations ont entraîné des coûts humains et économiques colossaux : 17,7 milliards de dollars pour la province du Henan en Chine, 20 milliards de dollars pour l'Allemagne ; à cause des sécheresses, le niveau de production de blé et de colza au Canada a été inférieur entre 35 et 40 % par rapport au niveau de 2020. L'année 2021 enregistre également de nombreux déplacements de population (migrations internes) : plus d'1,5 million de déplacés en Chine, plus de 664 000 au

Viet Nam, et plus de 600 000 aux Philippines<sup>1</sup>. À l'échelle de l'Europe, le programme Copernicus identifie qu'au cours des trois mois de l'été 2022, « les températures ont dépassé de +1,34 °C la moyenne de 1991-2020, et de +0,4 °C le précédent record, qui datait de 2021 ». Au mois d'août en particulier, les températures ont été jusqu'à « à 1,72 °C au-dessus de la moyenne 1991-2020 »<sup>2</sup>. En France, l'été 2022 a été le 2<sup>e</sup> été le plus chaud observé depuis 1900, avec un écart de +2,3 °C par rapport à la moyenne 1991-2020. Trois vagues de chaleur se sont succédé en juin, juillet et août pour un total de 33 jours de vague de chaleur (contre 22 jours en 2003)<sup>3</sup>. Si les chiffres officiels de Santé publique France concernant le nombre de décès attribués à la canicule ne sont pas encore disponibles, l'Insee identifie tout de même une augmentation du nombre de décès au cours de l'été 2022.

Les événements extrêmes, comme les feux de forêt, sont de plus en plus fréquents. Conséquences de plusieurs facteurs (dessèchement de la végétation et des sols et augmentation de la température notamment), les incendies brûlent « près de deux fois plus de couvert arboré aujourd'hui qu'il y a 20 ans »<sup>4</sup>. Si toute la partie sud de la France a été touchée par de très nombreux départs de feu (61 921 hectares en 2022 contre 9 117 en moyenne sur la période 2006-2021), c'est en Gironde que les incendies ont été les plus dévastateurs (plus de 26 000 ha brûlés). Selon le système européen d'information sur les feux de forêts (EFFIS), « au moins 901 094 hectares ont été brûlés en Europe, dont 750 000 à l'intérieur de

**TAB. 1**
**SENSIBILITÉ AUX ALÉAS CLIMATIQUES DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES**

 Source : *Carbone 4, 2021*

	Chaleurs extrêmes, froid extrêmes, amplitude thermique	Précipitations neigeuses, crues, inondations	Vents violents/ tempêtes	Feux de forêt
Lignes électriques	● Surchauffe ou contraction (givre) des câbles	● Dommages sur les pylônes et câbles	● Dommages sur les pylônes et câbles	● La chaleur, la fumée et les cendres peuvent couper les lignes de transmission
Transformateurs	● Réduction de la capacité, vieillissement accéléré et rupture	● Court-circuit (infiltration d'eau) et explosion	● Court-circuit (chute d'objets) et explosion	● Destruction (équipements généralement peu exposés)
Postes électriques (disjoncteurs, sectionneurs...)	● Rupture, vieillissement accéléré	● Panne, fragilisation et rigidification des isolants	● Court-circuit (chute d'objets)	● Destruction (équipements généralement peu exposés)
Équipements électroniques et télécoms	● Surchauffe ou gel	● Dommages liés à l'humidité ou infiltration d'eau	● Dommages (chute d'objets)	● Destruction (équipements généralement peu exposés)

● Sensibilité faible   ● Sensibilité moyenne   ● Sensibilité forte

l'UE », avec des records particulièrement élevés dépassant toutes les années précédentes : 293 155 ha brûlés en Espagne, 149 278 en Roumanie, 103 382 au Portugal<sup>5</sup>...

Les changements climatiques bouleversent les équilibres naturels maintenus par un certain niveau de température ou de pluviométrie. Ces variables modifiées, des événements extrêmes et des perturbations latentes apparaissent, avec des conséquences sur les écosystèmes naturels mais aussi sur les activités socio-économiques et les industries qui les soutiennent. Tel est le cas du secteur de l'énergie qui doit faire face à des extrêmes climatiques plus fréquents, des événements extrêmes plus intenses, mais également une demande en énergie qui varie en fonction des saisons et des évolutions du climat.

peuvent déstabiliser tout ou partie du réseau (TAB. 1), avec des effets en cascade sur 1) les autres infrastructures du réseau énergétique<sup>a</sup> et 2) les autres réseaux, comme le transport par exemple (FIG. 1). On notera des effets sur les capacités de production et de fonctionnement, sur l'intégrité et la durée de vie des infrastructures, ou encore la stabilité de la production et l'offre d'énergie.

**ENCADRÉ 1 • RETOUR D'EXPÉRIENCE**
**CARACTÉRISER LES EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES ET IDENTIFIER LES OPTIONS DE RÉSILIENCE : LE CAS DES INFRASTRUCTURES CANADIENNES**

Les conclusions d'un rapport de l'International Institute on Sustainable Development (IISD) sur la résilience des infrastructures canadiennes préconisent « une approche intégrée et globale de la société pour rendre les infrastructures de tout le Canada résilientes aux changements climatiques » afin de lutter contre les « défaillances en cascade ». Les experts recommandent alors trois catégories d'options de résilience, que sont la planification et l'évaluation, la surveillance et l'entretien, et les modifications de structure (tab. 2), tout cela éclairé par les enseignements scientifiques sur les changements climatiques observés et prévus à l'avenir<sup>6</sup>.


**L'adaptation des réseaux énergétiques, une question à choix multiples**
**Le poids du changement climatique sur les infrastructures et les réseaux énergétiques**

Les effets des changements climatiques, tels que l'augmentation des températures, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations et les événements extrêmes, affectent les infrastructures et

<sup>a</sup> Les infrastructures énergétiques renvoient à toutes les installations physiques qui composent le réseau d'énergie. Elles ont plusieurs rôles : la production, le transport, la distribution ou encore le stockage de l'énergie. Les réseaux forment donc un ensemble d'infrastructures plus ou moins interconnectées.

**TABEAU 2**
**TABEAU SYNTHÉTIQUE DES IMPACTS ET OPTIONS DE RÉSILIENCE FACE AUX EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE**

Source : IISD, 2021

EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	EXEMPLES D'IMPACTS SUR LES INFRASTRUCTURES	EXEMPLES D'OPTIONS D'ADAPTATION
<b>AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risques de défaillances des barrages hydroélectriques</li> <li>• Diminution de l'efficacité des panneaux solaires et des centrales thermiques</li> <li>• Stress accru sur l'infrastructure du réseau de distribution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planification : intégrer des données climatiques dans la prévision de charge pour la demande future</li> <li>• Structure : augmenter la capacité du système de refroidissement</li> <li>• Surveillance et entretien : renforcer l'entretien et le remplacement des composants, améliorer la surveillance et la gestion de la sécurité des barrages</li> </ul>
<b>MODIFICATION DU RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les fluctuations du niveau d'eau et les sols plus secs peuvent accroître l'érosion interne des barrages de remblai</li> <li>• Inondation de centrales de production d'énergie côtières, de sous-stations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planification : utiliser les cartes à jour des plaines inondables</li> <li>• Structure : renforcer les infrastructures côtières, ajuster les critères de conception des lignes de transmission (hauteur, matériaux, etc.)</li> <li>• Surveillance et entretien : réviser les calendriers d'entretien et de remplacement des actifs</li> </ul>
<b>AUGMENTATION DE LA FRÉQUENCE ET DE L'INTENSITÉ DES TEMPÊTES (VENT, GLACE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptures des lignes électriques causées par l'accumulation de glace</li> <li>• Destruction des poteaux électriques et lignes de transmission en cas de vents violents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planification : installer des micro-réseaux pour permettre aux collectivités de se séparer des réseaux centraux qui ne leur conviennent pas et de se connecter à des sources secondaires</li> <li>• Structure : enfouir les lignes de distribution</li> <li>• Surveillance et entretien : gestion des arbres à proximité des lignes de distribution, développer les réseaux intelligents pour déterminer rapidement l'emplacement des défaillances...</li> </ul>

Afin de renforcer la résilience et l'adaptation des infrastructures aux changements climatiques en tenant compte d'un point essentiel mais peu traité que sont les nombreuses interdépendances entre les différents réseaux (électricité, transports routier et ferroviaire et télécommunications, **FIG. 1**), France Stratégie a récemment proposé trois axes de réflexions<sup>7</sup>.

**Assurer des références partagées**

- Faciliter l'utilisation d'un même jeu de projections climatiques par l'ensemble des acteurs
- Renforcer la connaissance de l'état actuel des infrastructures de réseau et de leurs liens de dépendance

**Mettre en place une gouvernance nationale**

- Créer une instance de travail rassemblant *a minima* les gestionnaires de réseaux et l'État
- Inscrire dans la loi la réalisation d'une feuille de route conjointe d'adaptation des réseaux au changement climatique

**Asseoir la vision nationale sur des démarches territorialisées**

- Proposer à des territoires d'expérimenter un système d'établissement d'un diagnostic et d'un plan d'action partagé à l'échelle locale
- Éprouver un système de remontée et de capitalisation des informations au sein de l'instance nationale

Ainsi, accroître la résilience des infrastructures énergétiques renvoie également à différents leviers comme l'identifie Ouranos<sup>b</sup> dans un rapport : mieux observer, prévoir et anticiper les effets des changements climatiques, modifier les normes climatiques, revoir les capacités et les caractéristiques des installations physiques, co-construire la résilience climatique avec les habitants, etc.<sup>8</sup>

Par exemple, l'Agence parisienne du climat propose, dans le cadre de la plateforme Adaptaville<sup>9</sup>, des solutions d'adaptation face aux risques de sécheresse, d'inondations et de canicules, qui pourraient fragiliser la résilience du réseau et de l'approvisionnement en énergie de la capitale. On notera notamment la production d'énergie locale (micro-méthanisation des biodéchets alimentaires des collectivités), l'auto-consommation (installation d'une toiture végétalisée avec production photovoltaïque), ou encore les alternatives passives à la climatisation individuelle (« *free-cooling* »).

**La production nucléaire mise à l'épreuve par les sécheresses**

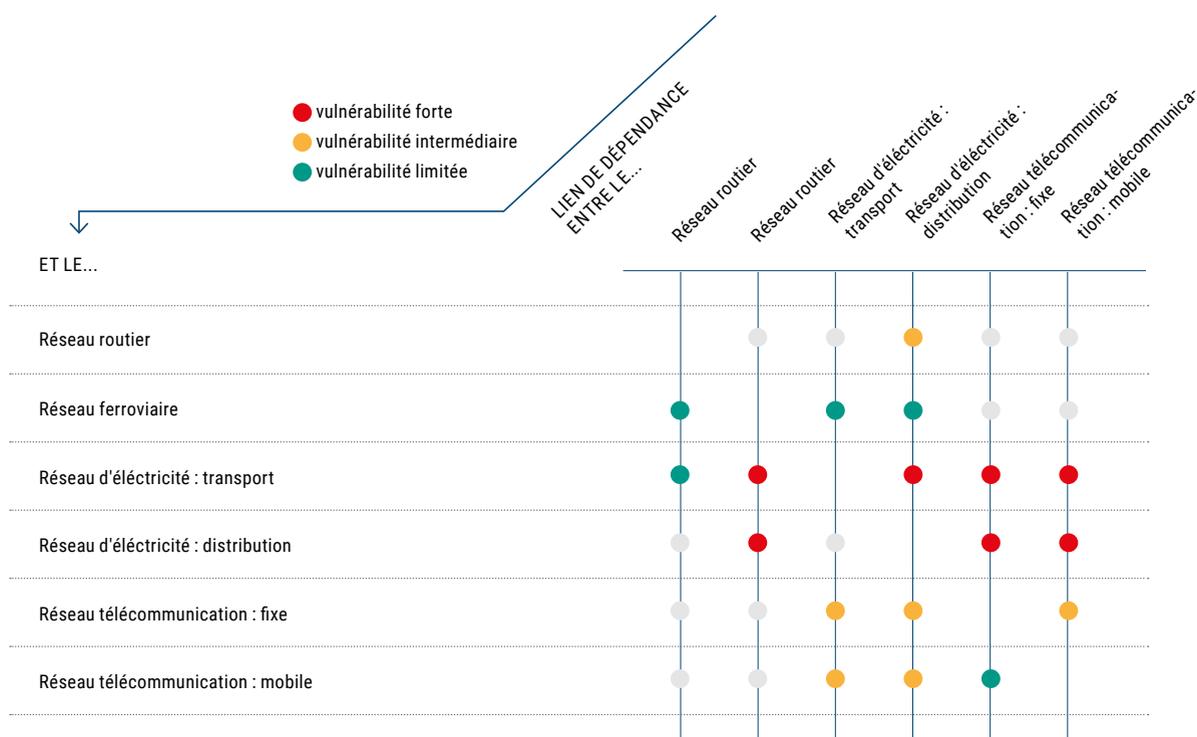
Les centrales nucléaires sont aux premières loges des effets des changements climatiques et pourraient être davantage affectées que ce que les prévisions anticipent<sup>10,11</sup>. En effet, les centrales nucléaires ont de forts besoins en eau pour refroidir leurs installations. Communément, les centrales prélèvent de l'eau dans les cours d'eau à proximité. L'eau est utilisée pour refroidir les installations, puis est rejetée dans le fleuve ou la rivière. La réglementation permet de limiter la température maximale que le cours d'eau ne doit pas dépasser en aval de la centrale (ex : 28 °C pour la Garonne, centrale de Golfech), le seuil maximal d'échauffement du fleuve entre l'amont et l'aval de la centrale (ex : +3 °C en été pour le Rhône au niveau de la

b Ouranos est un consortium québécois sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques.

**FIGURE 1**

**VISION QUALITATIVE DES INTERDÉPENDANCES ENTRE RÉSEAUX**

Source : *France Stratégie, 2022*



centrale de Saint-Alban), ainsi que le seuil réglementaire de prélèvement maximal d'eau (par exemple, la consommation d'eau/évaporation est interdite pour la centrale de Chooz si le débit de la Meuse est inférieur à 20 m<sup>3</sup>/s en moyenne sur 12 jours)<sup>12</sup>.

Les périodes de canicule et de sécheresse (qui accroissent le risque d'étiage), sont donc propices à 1) des situations de manque d'eau pour refroidir les centrales et 2) l'atteinte des limites réglementaires, menaçant ainsi l'activité des centrales et la sûreté des infrastructures en cas d'impossibilité de refroidissement. En mai 2022, particulièrement tôt par rapport aux années précédentes, EDF a dû ralentir l'activité de la centrale du Blayais, située au bord de l'estuaire de la Gironde : la température du fleuve étant trop élevée, EDF ne pouvait plus rejeter l'eau utilisée pour le refroidissement, notamment pour protéger la biodiversité<sup>13</sup>. RTE insiste également sur l'emplacement des centrales nucléaires comme piste d'adaptation<sup>14</sup> : une source d'eau froide à proximité, mais un emplacement qui limite les risques de vagues de submersion et raz-de-marée. Face à ces risques, Hervé Cordier, chef de groupe à la direction de l'ingénierie et projets nouveau nucléaire chez EDF, explique que « des échangeurs de chaleur et climatiseurs supplémentaires ont été placés dans les centrales [depuis 2003] » et « des travaux sont en cours à Gravelines (Nord), pour rehausser le niveau de la digue et tenir compte du niveau de la mer »<sup>15</sup>.

**ENCADRÉ 2 • RETOUR D'EXPÉRIENCE**

**LA DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ GÉRÉE PAR ENEDIS**

Enedis, entreprise gestionnaire du réseau de distribution d'électricité en France, mène une réflexion sur la résilience de ses infrastructures face aux effets des changements climatiques, à la fois pour les « événements climatiques aigus, tempêtes, inondations, canicules », mais aussi « sur des événements de transition, comme l'élévation progressive des températures, ou du niveau de la mer » (Nicolas Perrin, directeur du pôle RSE d'Enedis)<sup>16</sup>. Des pistes d'adaptation émergent ainsi depuis une prise de conscience « forcée » par la tempête de décembre 1999 et la canicule d'août 2003. Le travail d'identification des risques majeurs (tempête, vague de chaleur, incendie, précipitations, neige collante) a ainsi permis de structurer des réponses, telles que l'enfouissement des lignes dans les régions boisées particulièrement sensibles aux tempêtes et aux incendies, l'installation de dispositifs étanches dans les postes électriques, ou l'installation de pompes dans les zones soumises au risque d'inondation par exemple. Toutefois, ces réponses nécessitent encore des améliorations car on sait, par exemple, qu'en « période de canicule, le sol se refroidit moins et donc la dissipation de chaleur des équipements dans le sous-sol se fait moins bien ».



## La sobriété, nouvel horizon des politiques d'atténuation et d'adaptation

La sobriété, bien qu'étant un concept aux contours encore mouvants, renvoie aux idées de maîtrise et de réduction des consommations mais aussi de hiérarchisation des usages et des besoins<sup>17</sup>. Ce concept appelle indéniablement à des « *changement[s] des comportements individuels, des cadres économiques et des modèles d'affaires, dans l'objectif d'un découplage entre création de valeur sociétale et consommation de ressources/énergie* »<sup>18</sup>. Face aux menaces qui pèsent sur le réseau et sur les capacités de production et de fonctionnement des infrastructures d'énergie, la voie de la sobriété s'affirme alors comme une approche stratégique, d'autant plus dans un contexte géopolitique tendu.

De nombreux pays dévoilent récemment leur « plan de sobriété » afin de respecter l'objectif européen d'une réduction globale de 10 % de la consommation d'électricité d'ici mars 2023 et de 5 % pendant les heures de pointe. Les États européens, demeurant libres dans le choix des mesures adoptées, optent notamment pour l'incitation à réduire le chauffage dans les logements (-1 °C en Italie) et l'abaissement du seuil de la température maximum (19 °C dans les écoles et bâtiments publics en Italie, en France et en Espagne ; maintien à 16 ou 17 °C dans les bâtiments durant le week-end en Lituanie), le décalage de la période de chauffe (de 15 jours pour la France, et attendre novembre en Italie par exemple), la réduction de la température des équipements sportifs (gymnases, piscines municipales) et de l'utilisation de l'eau chaude sanitaire dans les bureaux, l'arrêt de l'éclairage nocturne de certains monuments et des magasins après leur fermeture (Portugal, France) et dès 22h en Espagne, des restrictions pour les illuminations des fêtes de fin d'année, l'extension du télétravail et le regroupement des services publics dans des locaux adaptés pour limiter le nombre de mètres carrés chauffés, etc.

Au-delà de l'Europe, d'autres pays encouragent la sobriété. En juin 2022, le gouvernement japonais – pris entre l'augmentation des températures estivales et l'effondrement du cours du yen qui a contribué à faire augmenter la facture des importations d'énergie – exhorte la population et les entreprises à adopter des éco-gestes (éteindre la lumière dans les espaces non occupés, réduire d'une heure par jour l'utilisation des téléviseurs, éteindre les dispositifs de chauffage des sièges de toilettes, etc.) afin de réduire la consommation d'énergie et éviter les coupures<sup>19,20</sup>. Ces conversions rapides et sous contraintes conjoncturelles à une forme de « sobriété d'État » s'inscrivent dans un horizon temporel défini et limité et ne sauraient se confondre avec une intégration de la sobriété dans les scénarios de transition à long terme. Le projet [CACTUS](#), porté par l'association française négaWatt et l'institut de recherche allemand Fraunhofer ISI, est une de ces initiatives qui encouragent cette intégration de la sobriété dans les scénarios de transition, via la formation d'acteurs des politiques énergétiques et climatiques en Hongrie et en Lituanie entre 2020 et 2022.

## Canicules et pressions sur les réseaux

De plus en plus fréquentes, les canicules incitent les populations dans de nombreuses régions du monde à adopter de nouveaux comportements et à se tourner vers la climatisation. Or, le recours croissant aux climatiseurs entraîne une augmentation locale de la température nocturne qui induit des effets néfastes pour le confort et la santé des habitants et pourrait créer une boucle de rétroaction négative, l'augmentation des températures renforçant le recours aux appareils de climatisation, et inversement.

Selon l'Agence internationale de l'énergie, 2,27 milliards de climatiseurs étaient en service dans le monde en 2021 et représentaient environ 16 % de la consommation mondiale d'énergie<sup>21</sup>. Les projections montrent que « *le stock mondial de climatiseurs [devrait augmenter] de plus de 50 % au cours des dix prochaines années* » : le palier des quatre milliards d'appareils en service dans le monde serait atteint en 2040. Si, à ce jour, ce sont la Chine et les États-Unis qui constituent la plus grande partie de la demande, les marchés qui auront la plus forte croissance seront probablement l'Inde et l'Indonésie, « *où il est prévu que le nombre d'appareils en service soit multiplié respectivement par quinze et par huit entre 2020 et 2040* ». En France en 2020, le nombre de climatiseurs vendus « *a dépassé les 800 000 unités contre seulement 350 000* » en 2019. 25 % des ménages sont équipés d'appareils de climatisation en 2021, contre seulement 14 % des ménages en 2017<sup>22,23</sup>.

En conséquence directe de la hausse des besoins électriques en cas de forte chaleur, certains États sont contraints de modifier en urgence leur mix énergétique, au détriment des objectifs de réduction des émissions de GES. En effet, dès le printemps 2022, l'Inde et le Pakistan sont confrontés à une vague de chaleur sans précédent, la température a atteint 43,5 °C à New Delhi fin avril, et jusqu'à 48 °C dans certaines zones du Sind rural, soit un dépassement de +8 °C par rapport aux moyennes saisonnières. L'Inde a alors enregistré un record de consommation électrique à l'échelle nationale le 26 avril (204,65 GW)<sup>24</sup>. La demande énergétique a augmenté de 12 % en avril. Pour faire face à cette augmentation de la demande, le pays a relancé sa production de charbon (principale source énergétique du pays), et mis en place des mesures de rationnement (coupures dans certaines usines, réduction de l'activité industrielle, etc.).

En Chine, et en particulier dans la province du Sichuan, les températures ont plusieurs fois dépassé les 40 °C au cours du mois d'août 2022. Face au recours quasi-systématique des 84 millions d'habitants de la province à la climatisation et alors que les cours d'eau sont asséchés (le Sichuan dépend à 80 % des barrages hydrauliques), le gouvernement a imposé un rationnement de l'électricité pour les professionnels et le Centre d'Information Internet de Chine<sup>5</sup> informe que « *la quantité de charbon utilisée pour faire tourner les centrales de production d'électricité a augmenté de 15 % sur la première quinzaine d'août, par rapport à la même période* » en 2021<sup>25</sup>.

c Organe de presse officiel chinois.

ENCADRÉ 3 • RETOUR D'EXPÉRIENCE

## LES RÉSEAUX AMÉRICAINS SOUS PRESSION

Aux États-Unis, le croisement de différents facteurs (climatiques, avec une forte augmentation des vagues de chaleur notamment ; économiques, marqués par un fort déficit d'investissement dans les infrastructures ; comportementaux, par l'augmentation des besoins en électricité, et enfin structurels, avec des infrastructures vieillissantes et donc de plus en plus vulnérables aux effets des changements climatiques) a conduit le pays dans une situation complexe, marquée par une pression accrue sur un réseau d'infrastructures d'énergie vieillissant.

On sait notamment que « les aléas climatiques sont la principale cause des pannes d'électricité aux États-Unis. Au total, 679 pannes généralisées sont survenues entre 2003 et 2012 en raison des conditions climatiques ». Ainsi, les infrastructures américaines et en particulier les transformateurs de puissance nécessitent un renouvellement du parc. Par exemple, la tempête SuperStormSandy (2012) « a provoqué l'explosion d'un transformateur de puissance de la compagnie ConEd contribuant à un blackout privant d'électricité plus de 8,1 millions de foyers et entreprises à New York et ses environs, dont 800 000 pendant 10 jours »<sup>26</sup>.

Au cours des deux dernières années, les États-Unis ont été confrontés à des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes ; la population tente d'y faire face en ayant un recours croissant aux appareils de climatisation : la demande en électricité explose et pourrait avoir pour conséquence une augmentation du prix de l'énergie<sup>27</sup> et des risques importants de coupure d'électricité<sup>28</sup>. La Californie semble particulièrement confrontée à ces risques, comme cela a été le cas début septembre 2022<sup>29,30</sup>. Le gouvernement de Californie a lancé le dispositif FlexAlert (créé par l'association California ISO) et a diffusé des conseils d'économie d'énergie afin de ne pas saturer le réseau, tels que ne pas baisser la climatisation en-dessous de 25 °C, limiter l'utilisation d'appareils électriques, ou encore éteindre les lumières inutiles.

En début d'été 2021, une vague de chaleur d'une intensité sans précédent (jusqu'à 51 °C) a affecté les réseaux et infrastructures d'énergie de la ville de Portland, dans l'Oregon (fonte de certains câbles, interruption du tramway, saturation du réseau causé par une augmentation de la demande en climatisation, etc.).

### L'influence des changements climatiques sur les choix énergétiques des pays

La production d'énergie éolienne dépend de plusieurs variables telles que la vitesse, l'intensité, la direction, le cisaillement et la distribution des vents, le degré de nébulosité ou encore la capacité de transmission de l'atmosphère. Un ralentissement du vent<sup>31,32,33</sup> a été constaté à plusieurs endroits du globe avec des évolutions plus marquées au niveau local qu'au niveau des évolutions moyennes, comme ce fut le cas dans le nord de la Chine (« en Mongolie intérieure et dans le Gansu, deux des provinces les plus équipées, le potentiel éolien a baissé d'environ 15 % depuis 1979 »<sup>34</sup>) et au Royaume-Uni (le secteur éolien n'a fourni que 7 % de l'électricité en septembre 2021, contre 24 % habituellement sur cette même période ; ce qui a contraint le pays à rallumer une centrale à charbon<sup>35</sup>). La

startup française Callendar, spécialisée dans l'évaluation des risques climatiques, confirme cette tendance en France également, où la vitesse du vent a été anormalement faible en septembre 2021. À l'échelle de la région des Hauts-de-France, la vitesse moyenne du vent a été inférieure de 58 % à la normale de 1991-2020 pour le mois de septembre, alors qu'un quart du parc éolien français se trouve dans cette région.

Du côté de l'énergie solaire, les prévisions montrent vraisemblablement une augmentation du degré d'insolation mais il semblerait que les panneaux solaires présentent un rendement décroissant en cas de forte chaleur<sup>36,37</sup>.

### La ressource en eau sous tension : un défi majeur pour la production d'hydroélectricité partout dans le monde

Le potentiel hydroélectrique est directement lié à la disponibilité de la ressource en eau. Les changements climatiques vont donc affecter la capacité de production des centrales hydroélectriques (modifications des apports naturels alimentant le lac-réservoir amont en quantité et en temporalité, élévation des températures de l'air, précocité de la fonte nivale, réduction des précipitations sous forme de neige) et la demande en énergie (modification des pics de demande en fonction des variations de température notamment). Pour un réservoir multi-usages, d'autres activités demandeuses en eau pourraient être impactées et entrer en concurrence plus forte avec l'usage hydroélectrique.

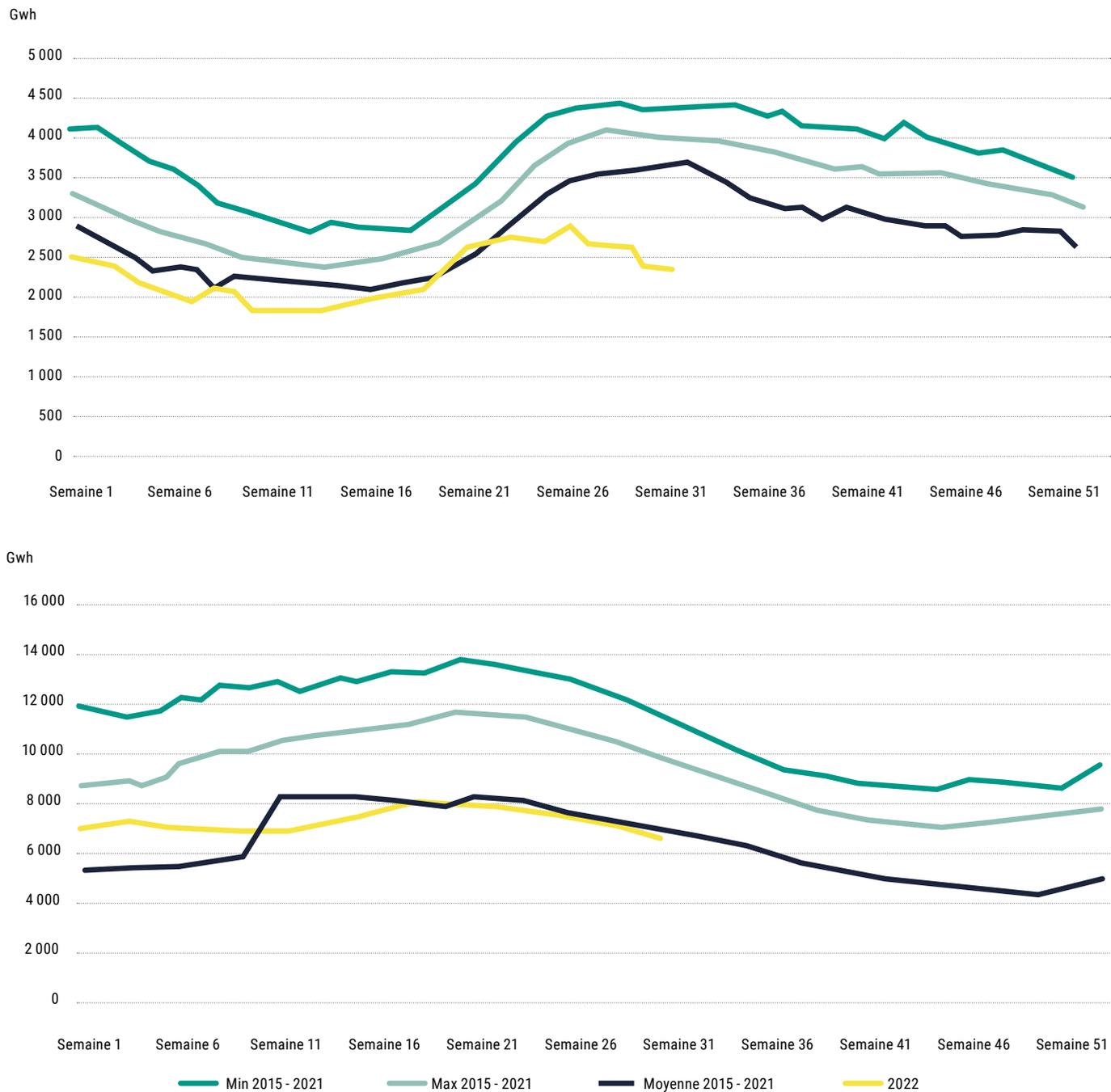
Les vagues de chaleur des étés 2021 et 2022 ont entraîné l'assèchement de nombreux cours d'eau à travers le monde. En Amérique du Sud, le fleuve Paraná (2<sup>e</sup> plus grand fleuve du continent) a perdu six mètres en deux mois et la production des centrales hydrauliques a été réduite. Faute d'un approvisionnement suffisant, le Brésil s'est tourné vers les États-Unis pour importer du gaz, dont le prix a explosé au niveau mondial. En Chine, une vague de chaleur a sévi dans le sud-ouest du pays (allant jusqu'à 43,3 °C à Chengdu). Le niveau du fleuve Yangtze était de 40 % inférieur à la normale sur la période estivale. Lors de l'été 2022 comme 2021, les autorités ont dû cesser l'approvisionnement en électricité de certains sites industriels (Toyota, Foxconn, Contemporary Amperex Technology Co., Limited – CATL –), mais aussi des aciéries et autres fonderies de métaux, qui ont dû interrompre leur activité, parfois stratégique pour la transition écologique, comme les usines de fabrication de panneaux solaires... En Italie, le Pô a atteint un niveau historiquement bas au cours de l'été 2022 et les réserves hydroélectriques sont inférieures de 40 % à la moyenne historique sur la même période (**FIG. 2, EN HAUT**). Or, l'hydroélectricité représente environ 35 % de la production totale d'énergie verte, et satisfait habituellement plus de 15 % de la demande énergétique italienne. Même tendance en Espagne, où la production hydroélectrique était inférieure de plus de 30 % pendant l'été 2022 à sa moyenne sur les sept dernières années (**FIG. 2, EN BAS**)<sup>38</sup>.

Ces tensions sur la ressource en eau, dues à des niveaux de précipitations plus faibles et des températures plus élevées, peuvent générer des situations de conflit d'usages lorsqu'un cours d'eau alimente différentes activités sur un même périmètre géographique. Par exemple, le système hydraulique de

**FIGURE 2**

RÉSERVES HYDROÉLECTRIQUES EN ITALIE (EN HAUT) ; RÉSERVES HYDROÉLECTRIQUES EN ESPAGNE (EN BAS)

Source : [Schroders, 2022](#)



la Durance est un des plus artificialisés de France et fournit de l'eau potable à 3,5 millions d'habitants (Bouches-du-Rhône et Var) ; il approvisionne également les secteurs agricole et industriel de la région. En résumé, la Durance et son affluent le Verdon produisent « 50 % de l'électricité régionale et 10 % de l'hydroélectricité nationale ». En 2022, EDF a dû réduire sa production dès le mois de février et jusqu'à 60 % afin de conserver la ressource en eau pour les autres usages, jugés prioritaires<sup>39</sup>.

Néanmoins, le développement des énergies renouvelables reste un levier essentiel de la transition énergétique, de l'indé-

pendance nationale vis-à-vis de l'extérieur et de la résilience territoriale. Au Bénin, le Programme des Nations unies pour le développement a soutenu un projet de renforcement de la résilience du secteur de l'énergie aux impacts des changements climatiques afin de réduire la vulnérabilité des communautés rurales et urbaines, et ce, à toutes les étapes du réseau énergétique (production, transport et distribution énergétique). Le projet a permis d'installer des mini-centrales solaires photovoltaïques, des lampadaires solaires, et également de réhabiliter un poste électrique avec l'acquisition d'un transformateur électrique intelligent<sup>40</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

La crise des marchés énergétiques aura révélé l'exposition des réseaux et des infrastructures énergétiques à l'intensification du changement climatique. Si, parmi les moteurs de l'inflation, la guerre en Ukraine déclenchée en février 2022 retient l'attention, les conséquences directes et indirectes des sécheresses, inondations et vagues de chaleur laissent penser que cette conjoncture pourrait cacher des défis plus structurels posés par le changement climatique. Entre pics de demande de climatisation, assèchement des capacités de production hydroélectrique et pénuries d'eau pour le refroidissement des centrales, la répétition des vagues de chaleur a accentué plusieurs facteurs de tension sur les réseaux électriques. La vétusté des infrastructures, la concentration des capacités de production et le manque d'anticipation des besoins d'adaptation comptent parmi les causes de vulnérabilité des réseaux sur le plan infrastructurel et organisationnel. L'observation de phénomènes à l'échelle mondiale, comme le ralentissement global de la vitesse des vents (stilling), fait aussi peser de nouveaux risques encore peu étudiés sur les productions renouvelables. Lorsqu'elle pousse à l'accroissement de la demande en énergie, la « maladaptation » elle-même devient un facteur de déstabilisation des réseaux.

Deux principaux modèles de réponses sont apparus entre 2021 et 2022. D'abord, le recours d'urgence aux énergies fossiles, plus souples et flexibles, pour relayer les capacités de production renouvelables affectées par des variables climatiques, souligne comment l'impréparation de l'adaptation peut entrer en contradiction avec les stratégies d'atténuation. De plus, la guerre en Ukraine a rappelé le coût géostratégique d'une telle dépendance aux fossiles. À ce titre, l'accélération de la transition du mix énergétique vers des énergies bas carbone fait figure de pierre angulaire d'une stratégie d'adaptation des réseaux de production qui garantisse l'approvisionnement et l'autonomie stratégique des États et des acteurs non-étatiques.

Ensuite, la propulsion soudaine de la « sobriété » en haut de l'agenda politique, sous la forme de plans d'urgence impulsés par les États, ouvre de nouveaux horizons pour le pilotage de la demande dans les scénarios de transition. Ses conséquences durables seront à observer dans les années qui viennent : deviendra-t-elle un élément structurant des politiques d'atténuation, allégeant d'autant plus les infrastructures énergétiques des pressions générées par les changements climatiques, ou bien son adoption en urgence sans forme de planification entraînera-t-elle un effet rebond sur la demande énergétique ?

Dans tous les cas, l'adaptation des acteurs et infrastructures énergétiques requiert l'adoption d'une approche holistique et écosystémique des enjeux énergétiques afin de mieux maîtriser les effets en cascade (sur un réseau ou entre différents réseaux) ou encore les conflits d'usage en cas de raréfaction des ressources. D'autre part, l'intégration des données et des prévisions climatiques de long terme dans la planification, le dimensionnement et le fonctionnement des infrastructures énergétiques se révèle cruciale afin d'anticiper le plus tôt possible les effets des changements climatiques sur les infrastructures et réseaux énergétiques.

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 WMO (2022) [State of the Global Climate 2021](#). World Meteorological Organization
- 2 Copernicus Climate Change Service (08/09/2022). « [Copernicus : l'été 2022 est le plus chaud jamais enregistré en Europe](#) ». Copernicus
- 3 Météo France (30/08/2022). [Changement climatique : l'été 2022 et ses extrêmes météorologiques pourraient être la norme après 2050](#). Météo France
- 4 MacCarthy, J., Tyukavina, S., Weisse, M., Harris, N. (17/08/2022). [New Data Confirms : Forest Fires Are Getting Worse](#). World Resources Institute
- 5 European Forest Fire Information System (06/09/2022). [Répartition de la surface brûlée en Europe depuis le 1er janvier 2022](#). public. flourish.studio
- 6 IISD (2021). « [Renforcer la résilience climatique des infrastructures canadiennes : une revue de la littérature pour éclairer la voie à suivre](#) ». International Institute on Sustainable Development
- 7 France Stratégie (2022). « [Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir](#) »
- 8 Braun, M., Fournier, E. (2016), [Études de cas d'adaptation dans le secteur de l'énergie – Surmonter les obstacles à l'adaptation](#). Rapport présenté à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 114 p
- 9 <https://www.adaptaville.fr/alea-climatique/tensions-sur-les-ressources-energetiques>
- 10 [Connaissance des énergies \(5/07/2021\)](#), « [Les centrales nucléaires face aux risques liés au changement climatique](#) »
- 11 Dorfman, P. (28/06/2021). [Nuclear energy isn't a safe bet in a warming world – here's why](#). UCL Energy Institute, University College London
- 12 RTE, GT1 Climat, [Réunion n°4 : effets du climat sur la production électrique d'origine nucléaire et thermique](#), 10 mars 2021
- 13 Lonchamp, J., Raymond, A., Fleury, N., Wursthorn, P., Laurentin, R. (11/05/2022). [Sécheresse : la production nucléaire ralentie](#). France Info
- 14 Guarato, J. (08/12/2021). [Nucléaire : face au changement climatique, le casse-tête du refroidissement](#). NaturaSciences
- 15 Fleitour, G. (05/07/2022). [Comment EDF compte éviter le coup de chaud à ses centrales nucléaires cet été](#). Ouest-France
- 16 Enedis (2022). [La distribution électrique face au dérèglement climatique](#). Pour la science, n°535
- 17 Cézard, F., Mourad, M. (2019). [Panorama sur la notion de sobriété – définitions, mises en œuvre, enjeux](#). Ademe
- 18 Laurent, D. (2020). [La sobriété dans les scénarios de transition](#). La Revue de l'énergie, n°648
- 19 Bloomberg (28/06/2022). [Tokyo power crunch eases as Japan renews call to save energy](#). The Japan Times
- 20 Oda, S. (07/06/2022). [Japan Wants People to Use Less Energy to Prevent Blackouts](#). Bloomberg
- 21 AIE (2022). [Space Cooling](#). Agence internationale d'énergie.
- 22 Ademe (2021). [La climatisation : vers une utilisation raisonnée pour limiter l'impact sur l'environnement](#).
- 23 Binet, G., Grignon-Massé, L. (2020). [La climatisation des logements résidentiels : laisser faire ou encadrer intelligemment ?](#). Équilibre des énergies
- 24 PTI (29/04/2022). [India's peak power supply touches record level of 204GW on Thu](#). Energyworld
- 25 Les Echos (16/08/2022). [Une vague de chaleur contraint la Chine à rationner l'électricité](#). Les Echos
- 26 Aboukrat, M., Lepousez, V. (2021). [Les réseaux électriques, un enjeu majeur de la résilience climatique](#). Carbone 4
- 27 Oleniacz, L. (05/01/2022). [Climate Change could lead to blackouts, higher power costs on West coast](#). NC State University
- 28 Cool Coalition (10/05/2021). [A growing summertime risk for cities : power failures during waves](#).
- 29 Halper, E., Werner, E. (07/09/2022). [California scrambles to avoid blackouts as it pursues a green energy future](#). The Washington Post
- 30 Hubler, S., Borwning, K., Penn, I., Cowan, J. (06/09/2022). [California Narrowly Averts an Electricity Crisis Amid Scorching Heat](#). The New York Times
- 31 Robbins, J. (13/09/2022). [Global 'Stilling' : Is Climate Change Slowing Down the Wind ?](#) YaleEnvironment360
- 32 Dodgshun, J. (05/10/2017). [The stilling : global wind speeds slowing since 1960](#). Horizon, the EU Research and Innovation Magazine
- 33 van Halm, I. (22/11/2021). [Weekly data : Changes in wind speed caused by climate change may affect future wind power output](#). Energy Monitor
- 34 Laconde, T. (12/11/2021). « [Résilience climatique : l'éolien aussi doit faire ses preuves](#). Le Monde de l'énergie
- 35 Alvarez, C., Fricot, P. (21/10/2021). [Partout dans le monde, le changement climatique exacerbe la crise énergétique](#). Novethic
- 36 Jerez, S., Tobin, I., Vautard, R. et al. (2015). [The impact of climate change on photovoltaic power generation in Europe](#). Nature Communication, vol. 6 (10014)
- 37 Müller, J., Folini, D., Wild, M., & Pfenninger, S. (2019). [CMIP-5 models project photovoltaics are a no-regrets investment in Europe irrespective of climate change](#). Energy, vol. 171, pp. 135-148.
- 38 Lauro, I. (16/09/2022). [L'impact des sécheresses sur le mix énergétique](#). Schroders
- 39 Isnard-Dupuy, P. (12/07/2022). [Durance, la fin d'un modèle de résilience](#). Politis
- 40 PNUD (n.d.). [Projet de renforcement de la résilience du secteur de l'énergie aux impacts des changements climatiques au Bénin](#). undp.org



**TOUR DU MONDE DES INITIATIVES,  
DES CHANGEMENTS DE RÉGLEMENTATION  
ET DES TRANSFORMATIONS DE MARCHÉ  
QUI PRÉFIGURENT AUJOURD'HUI LES  
TENDANCES DE L'ACTION CLIMAT DE DEMAIN**

## Emplois • Les « green jobs » à la mode, au dam des activités carbonées

Aux États-Unis, même si la production des énergies fossiles a augmenté en 2021, le nombre de postes dans le secteur a diminué, contrairement au secteur des énergies renouvelables. Ces nouveaux postes se répartissent majoritairement entre l'industrie des véhicules hybrides (+20 %), électriques (+26 %) et l'énergie solaire. En outre, les entreprises fossiles n'ont pas réembauché autant qu'elles avaient perdu durant la pandémie, malgré les profits records réalisés en 2021. Au niveau mondial, les énergies renouvelables ont ouvert 700 000 postes en 2021, pour un total de près de 13 M d'emplois. Les deux tiers de la création de ces postes ont eu lieu en Asie, et la Chine représente 42 % du total mondial, suivie par l'Union européenne, le Brésil, les États-Unis et l'Inde. Les cobénéfices sociaux et les perspectives associés aux « emplois verts » en expliquent le succès. En France, les jeunes ingénieurs fuient parfois des entreprises comme TotalEnergies en raison de son image climatique.

*Grist, 30/06/2022*

## Villes • Paris et New York se joignent à l'action contre TotalEnergies

Le 21 septembre 2022, le tribunal judiciaire de Paris ajoutera les villes de Paris, New York et Poitiers ainsi que l'ONG Amnesty France à une coalition internationale d'associations et de collectivités locales poursuivant TotalEnergies en justice. L'action judiciaire a commencé en janvier 2020, basée sur la loi française du 21 février 2017 sur le devoir de vigilance. Cette loi exige des entreprises françaises majeures d'élaborer des plans pour éviter les dommages environnementaux ainsi que les risques humains et de corruption. La coalition souhaite que la justice oblige le géant pétrolier à réduire ses émissions de GES pour s'aligner sur l'accord de Paris. C'est ce qu'avait acté la cour des Pays Bas au sujet de Shell en mai 2021. *Reuters, 21/09/2022*

## Agrivoltaïque • Le PV solaire pousse dans les terres agricoles européennes

L'agrivoltaïque désigne l'utilisation simultanée d'un site pour la production agricole et la production d'électricité à partir de panneaux solaires photovoltaïques, permettant d'atteindre les objectifs d'énergie renouvelable tout en limitant l'utilisation des sols. À la mi-2022, l'agrivoltaïque représentait 14 GW de capacité mondiale. La France a récemment élaboré une définition de l'agrivoltaïque et une classification des projets, afin d'en inciter l'installation. Le gouvernement a assoupli les critères d'évaluation environnementale pour les installations solaires de moins de 300 kWc. Selon une décision récente d'un tribunal régional dans les Pouilles en Italie, les autorités régionales doivent prendre en compte la production d'électricité parallèlement à la culture et à l'élevage du bétail lorsqu'elles délivrent des permis pour des projets solaires sur des terres agricoles. Le gouvernement allemand a essayé de le développer, mais il s'est heurté à la résistance de l'association des agriculteurs. Encore à ses débuts aux États-Unis, des développements ont néanmoins eu lieu dans certains États.

## Universités • La difficile bifurcation des investissements universitaires des énergies fossiles

En avril 2021, après de multiples campagnes, les représentants des étudiants des huit fameuses Ivy League ont signé une résolution réclamant le retrait des financements des énergies fossiles de leurs universités, accusées de « financer le changement climatique ». Les mois qui suivent, Brown, Columbia, Cornell, Harvard et Dartmouth rompaient leurs conventions de financement. Les arguments des étudiants soulèvent l'incohérence de leurs universités de former des chercheurs sur le climat en même temps de financer les industries fossiles et d'accepter leur financement. Récemment, une pression supplémentaire est mise sur Yale, Princeton, Stanford, MIT et Vanderbilt par les activistes étudiants : leurs investissements ne sont plus jugés immoraux mais illégaux. En mai, l'annonce de Stanford d'accepter les dons de la part des industries fossiles a remis le feu au poudre. La communauté universitaire demande en particulier à la nouvelle école de l'université dédiée au climat de refuser ce type de dons.

*The Daily Pennsylvanian 10/10/2021*

## Société civile • Avec le sabotage, le répertoire d'action militant s'ouvre à plus de radicalité

Depuis quelques années, des formes de militantisme écologiste se tournent vers une radicalité ouverte à la destruction ou au sabotage des biens matériels. Aux États-Unis, plusieurs citoyens membres d'un collectif baptisé « The Valve Turners » avaient été [condamnés](#) en 2018 pour avoir simultanément stoppé les flux de cinq pipelines acheminant du pétrole depuis le Canada. Au Canada, dans le nord de la Colombie Britannique, le peuple autochtone Wet'suwet'en mène l'[opposition](#) contre la construction du pipeline Coastal GasLink sur leur territoire traditionnel. Celui-ci a fait l'objet, en février 2022, d'une [attaque](#) de militants masqués qui a causé plusieurs millions de dollars de dégâts matériels. Dans le cadre d'une action plus large contre l'ouverture de nouveaux terminaux méthaniens en août 2022, des membres du mouvement Ende Gelände ont [recouvert](#) de bitume des tuyaux en construction pour les rendre inutilisables. À Londres, Bristol et Brighton, les « Tyre Extinguishers » [dégonflent](#) les pneus de SUV, tandis qu'en France, dans les Deux-Sèvres, dans la Vienne et en Vendée, des militants [endommagent](#) les « mégabassines », contestées pour l'accaparement des ressources en eau dans un contexte de sécheresse, pour exiger davantage de concertation.

[Reporterre, 25/08/2022](#)

## Pérou • Des juges allemands enquêtent sur la responsabilité de RWE dans la fonte des glaces

Pour la première fois dans l'histoire des litiges climatiques, des juges allemands se sont rendus à l'étranger, au Pérou, pour y évaluer la responsabilité d'une entreprise dans un phénomène climatique. En cinquante ans, le volume du lac glaciaire Palcacocha été multiplié par 34. Situé dans le massif de la Cordillère Blanche, le lac menace les villes alentours de [débordement](#) sous l'effet de la fonte des glaces. En 2017, Saúl Luciano Lliuya, guide de montagne, a décidé de déposer plainte contre RWE afin d'obtenir un dédommagement à la hauteur de la responsabilité historique de l'électricien allemand dans le dérèglement climatique. Avec 89 MtCO<sub>2</sub>e émis en Scope 1, une [étude](#) de Greenpeace estimait en 2021 que RWE était le plus gros émetteur en Europe, et serait responsable de [0,47 %](#) des émissions post-révolution industrielle. Ainsi, le plaignant réclame 20 000 \$ pour couvrir en partie les coûts de prévention des dégâts que pourrait causer un débordement. Le tribunal allemand a d'ores et déjà déclaré que RWE serait tenu responsable s'il est démontré que le glacier pose un risque d'inondation et que le dérèglement climatique en est la cause.

[The Guardian, 27/05/2022](#)

## Pétrole • Le monde entrepreneurial français contre le projet d'oléoduc de TotalEnergies en Afrique de l'Est

[10 Md\\$US](#) ont été actés en février 2022 pour le projet de construction d'un oléoduc de 1 443 km par TotalEnergies. Il acheminera le pétrole brut ougandais vers un port tanzanien et est présenté comme vertueux sur le plan [environnemental](#). Cependant, selon plusieurs experts, les projets East African Crude Oil Pipeline ([EACOP](#)) et Tilenga de TotalEnergies et CNOOC sur le Lake Albert mettent en danger la biodiversité des deux pays. Ils créent des [risques importants](#) pour les espèces menacées présentes sur les 16 aires protégées qu'ils traversent et des risques de contamination d'un bassin-versant dont dépendent [40 millions](#) de personnes. Selon certaines estimations, la phase de production du pétrole pourrait générer [35 MtCO<sub>2</sub>/an](#). Les Amis de la Terre et d'autres ONG ont déposé plainte devant un tribunal français pour manquement au « devoir de vigilance ». La campagne [Stop EACOP](#) menée par ces ONG a poussé une vingtaine de banques et huit assureurs à [s'engager](#) à ne pas financer le projet. [600](#) acteurs du monde entrepreneurial ont ensuite appelé TotalEnergies et son partenaire [Station F](#) à stopper EACOP, qualifiée de « [bombe carbone](#) ».

[Financial Times, 12/04/2022](#)

## Solaire • Record de rendement pour des modules flexibles pérovskites

Le rendement des panneaux photovoltaïques – qui varie entre [6 % et 20 %](#) – dépend particulièrement du climat et des matériaux. Si les panneaux sont souvent constitués de silicium, certains intègrent à la place des cellules à base de pérovskites, un minéral dont la recherche pour l'utilisation photovoltaïque connaît des progrès très rapides, notamment pour leur application sur supports souples. Dans le cadre du [projet européen Apollo](#), le CEA à l'[INES](#) a annoncé la mise au point de nouveaux modules solaires pérovskites, d'un rendement de 18,95 %, soit un record mondial pour une taille supérieure à 10 cm<sup>2</sup> et des surfaces flexibles : le record absolu s'établi à [25,7 %](#) pour une cellule pérovskite seule. Ces dernières permettent d'adapter et d'intégrer plus facilement les panneaux solaires aux bâtiments. L'augmentation des rendements de ces cellules a été beaucoup plus rapide que celle des cellules de silicium. Les meilleures performances mondiales qui avaient été observées sur des surfaces flexibles n'étaient [pas compatibles](#) avec des surfaces bas coût, à la différence du projet du CEA.

[L'Echo du Solaire, 28/06/2022](#)

# CAS D'ÉTUDE

## MALI

Accéder à une énergie « propre » grâce aux mini-réseaux solaires décentralisés

## GÉORGIE

Des communautés énergétiques inclusives dans les régions rurales

## CAMBODGE

Une chaîne de valeur du charbon de bois durable pour lutter contre la déforestation



EN PARTENARIAT AVEC



CAS D'ÉTUDE PAYS

PAYS	POPULATION	OBJECTIF D'ATTÉNUATION	ÉMISSIONS NATIONALES EN 2020
GÉORGIE	3 714 000	-15 % EN 2030 (BASE 2021)	ÉMISSIONS EN 2020 : <u>11,74 MTCO<sub>2e</sub></u> (12,02 EN 2019 ; 11,33 EN 2018)

## Géorgie • Des communautés énergétiques inclusives dans les régions rurales

L'énergie utilisée par les populations rurales en Géorgie (41 % de la population) provient pour 82 % du bois de chauffage dont la combustion est source d'émissions et de pollution de l'air et dont la récolte est cause de déforestation. La situation énergétique de la Géorgie est fragile : manque d'infrastructures, coûts énergétiques importants et [conditions climatiques extrêmes](#). En 2016, l'ONG Women Engage for a Common Future (WECF), en coopération avec Clean Power Europe et d'autres ONG géorgiennes ont lancé quatre coopératives énergétiques inclusives. Elles allient des objectifs d'atténuation avec la promotion de l'émancipation des femmes dans les régions rurales.

### Faciliter l'accès à une énergie propre et abordable pour tous

Les coopératives ont pour mission d'installer, produire et promouvoir l'utilisation d'équipements économes en énergie et produits localement. La réduction des émissions de CO<sub>2</sub> repose sur deux leviers : remplacer le bois de chauffage par l'énergie solaire et promouvoir des réchauds efficaces limitant la perte énergétique. Actuellement, 1 000 chauffe-eau solaires et 300 réchauds à hauts rendements énergétiques sont en fonction, contre respectivement 650 et 100 au moment du lancement. Leur utilisation réduit les émissions de 1 à 2,55 tCO<sub>2</sub>, et permet d'économiser environ 3 m<sup>3</sup> de bois par an et par foyer.

En effet, la déforestation due au bois de chauffage est un enjeu majeur pour la gestion des forêts en Géorgie, qui représentent presque la moitié du territoire. Malgré cette ressource importante, le bois de chauffage (30 % du mix énergétique) est surexploité : 600 000 m<sup>3</sup> sont légalement abattus et 1 800 000 m<sup>3</sup> le sont illégalement, quand le déboisement ne devrait pas dépasser 200 000 m<sup>3</sup> par an. La baisse de 245 000 m<sup>3</sup> de la consommation de bois de chauffage inscrite dans la [Stratégie Climat](#) de la Géorgie en juin 2021 pourrait faire reculer la déforestation de 1 000 ha par an. [L'objectif 3.4](#) de la Stratégie soutient aussi l'utilisation des chauffe-eau solaires et des réchauds efficaces, en vue de réduire la pauvreté et les émissions de CO<sub>2</sub>.

WECF et l'entreprise allemande Solar Partner Süd ont élaboré ensemble un programme depuis 2009 dans le but de former la population rurale à la fabrication des panneaux solaires ainsi qu'à la mise en place et la gestion des coopératives. 183 « ambassadeurs solaires », payés en fonction des ventes, ont également été formés pour promouvoir les équipements dans la région. Depuis 2015, WECF a dédié certaines formations à l'émancipation des femmes, pour qui l'accès aux postes techniques, de gestion et de prise de décision est rare dans la région. Au niveau national, Heliotech, une coopérative « ombrelle », coordonne de manière centralisée le projet en se chargeant de l'achat des équipements, de la publicité et des financements. Dans les zones reculées, ce type de [communautés énergétiques](#), reposant sur une participation citoyenne, favorise l'accès à une énergie bas carbone, soutenable et abordable. Les coûts de lancement sont amortis entre trois et six ans.

### Un projet local, répliquable, en quête d'un modèle économique pérenne

Les quatre coopératives sont détenues par 128 membres dont la participation oscille entre 30 et 60 € et chacune d'entre elles a créé entre un et six emplois. La parité est un élément fondamental des coopératives qui ont atteint 40 % de femmes parmi 31 salariés. Chaque membre dispose d'un vote peu importe le montant de sa participation, assurant également une gestion démocratique des coopératives.

Néanmoins, si les coopératives ont pu être lancées grâce à des subventions apportées par la [levée de fonds](#) de WECF, l'accès aux financements apparaît comme le principal obstacle à la poursuite du projet. En effet, au regard du pouvoir d'achat limité de la population, les subventions extérieures et les prêts sont des mécanismes financiers nécessaires. Trois coopératives ont dû cesser leur activité temporairement en raison de la pandémie et du conflit armé en Ukraine.

Heliotech avait négocié des prêts à taux zéro pour les personnes intéressées dans l'achat des équipements, mais les contracteurs n'avaient pas les moyens de le rembourser en un an. S'ajoute à cela la difficile mise en place d'une dynamique de marché dans une région marquée pendant des décennies par la planification soviétique et une confiance limitée dans les institutions bancaires.

Le projet a été intégré dans la [CDN](#) de la Géorgie, puis trois candidatures [NAMA](#) ont été déposées depuis 2015 afin d'accéder aux subventions nécessaires, sans succès malgré un bon classement. La pandémie a également limité les ressources internes dégagées par les coopératives en gelant les activités touristiques en 2020 puisque les maisons d'hôtes constituent une partie de la demande. Le projet a candidaté pour recevoir des crédits carbone, évalués selon la méthodologie de Gold Standard, afin d'attirer de nouvelles subventions et investisseurs privés qui permettent des économies d'échelle.



PAYS	POPULATION	ÉMISSIONS NATIONALES EN 2020	OBJECTIF D'ATTÉNUATION
MALI	20 250 834	5,99 MTCO <sub>2</sub> e	-31 % DE GES LIÉS À L'ÉNERGIE ENTRE 2025 ET 2030

# Mali • Accéder à une énergie « propre » grâce aux mini-réseaux solaires décentralisés

En Afrique, près de [600 millions](#) de personnes n'ont pas accès à l'électricité. Au Mali, [83 % de la population](#) est confrontée à ce problème alors que le potentiel énergétique du pays est énorme. Pour y remédier, le gouvernement malien a mis en place une stratégie d'électrification rurale basée sur des mini-réseaux décentralisés (*mini grids*). Grâce à cette stratégie déclinée en plusieurs projets tels que celui financé par le mécanisme IRENA/ADFD Project Facility, le Mali est passé d'une capacité de production solaire de 16 MW en 2013 à [100 MW](#) en 2022. Ce projet d'installation de mini-réseaux solaires devrait bénéficier à [123 000 personnes](#).

## Un accès facilité à l'eau potable et à une énergie « propre »

En Afrique, les populations rurales sont confrontées à des difficultés d'accès à l'eau et à l'électricité. Au Mali, les sources d'eau peuvent être très éloignées des villages, ce qui entrave la vie quotidienne et le développement d'activités économiques.

Pour le déploiement d'un système de mini-réseaux solaires décentralisés d'une capacité de 4 MW, l'État malien a reçu un prêt de [neuf millions de dollars](#) du mécanisme [IRENA/ADFD Project Facility](#). Porté depuis 2013 par l'Agence internationale pour les énergies renouvelables ([IRENA](#)) et le Fonds d'Abu Dhabi pour le développement ([ADFD](#)), ce mécanisme a pour but de financer des projets d'énergies renouvelables dans les pays en développement via des [prêts à taux réduits](#) (taux d'intérêt allant de 1 % à 2 % sur une durée de 15 à 20 ans).

[Un mini-réseau solaire décentralisé](#) est un réseau électrique à petite échelle, déconnecté du réseau national, alimenté par l'énergie solaire grâce à des panneaux photovoltaïques pour répondre à un besoin local. Au Mali, les mini-réseaux produisent de l'électricité qui est ensuite stockée par les populations grâce à des batteries. L'électricité alimente notamment

des pompes à eau qui permettent aux populations de répondre aux besoins quotidiens en eau. Le projet soutenu par l'IRENA/ADFD, permet de convertir les mini-réseaux diesel prévus par la Stratégie malienne d'électrification rurale en systèmes solaires hybrides, permettant d'éviter l'émission de [5 000 tCO<sub>2</sub>/an](#), tout en garantissant à [123 000 personnes](#) un meilleur accès à l'énergie et en ouvrant l'accès à l'eau et à l'électricité aux populations rurales de [32 villages dans six régions](#) du Mali.

## Un levier de développement local : des [six objectifs de développement durable](#)

Les mini-réseaux solaires sont aussi au cœur du développement socio-économique des régions. À partir de l'électricité du mini-réseau solaire, une pharmacienne de [Bancoumana](#), par exemple, peut désormais vendre des médicaments qui nécessitent un entreposage frigorifique. Auparavant, la variété des produits vendus dans sa pharmacie était limitée, empêchant certains de ses clients de répondre à leurs besoins médicaux. En alimentant des pompes à eau, des machines de transformation agricole et d'autres équipements industriels, ce système offre aux ménages et aux entreprises des opportunités de croissance économique et de travail décent comme le prévoit l'ODD 8. Le projet a

généralisé plus de [2 000 opportunités d'emplois](#) directs ou indirects. Par ailleurs, les pompes à eau solaires réduisent le temps mis par les femmes du Mali rural dans les corvées d'eau. Grâce à un meilleur accès à l'eau qui nécessite beaucoup moins de main-d'œuvre, ceux qui vivent de l'agriculture et du jardinage augmentent le rendement de leurs cultures et génèrent de meilleurs revenus. Ce qui permet aux populations d'améliorer leur qualité de vie et de réduire les inégalités (ODD 10) tout en luttant contre la pauvreté (ODD 1). Enfin, à travers l'accès à l'eau potable et à une énergie propre, ce sont les ODD 6 et 7 qui sont pris en compte.

### LES ODD COUVERTS PAR LE PROJET

Source : [IRENA ADFD, 2020](#)



PAYS	POPULATION	ÉMISSIONS NATIONALES EN 2020	OBJECTIF D'ATTÉNUATION
CAMBODGE	17 000 000 (2022)	125,2 MTCO <sub>2</sub> E	-42 % EN 2030 (PAR RAPPORT AU SCÉNARIO NORMAL)

## Cambodge • Une chaîne de valeur du charbon de bois durable pour lutter contre la déforestation

Le Cambodge reste très dépendant du bois et du charbon de bois pour ses besoins thermiques (cuisson domestique, restauration, chauffage industriel...). La moitié du charbon consommé à Phnom Penh provient des Cardamones, un des derniers sanctuaires faunistiques et floristiques des pays du Mékong. La production de charbon de bois traditionnel est souvent le fait de migrants qui vivent le long de la ligne de déforestation illégale. Or la dégradation des Cardamomes aggrave les risques climatiques et les conflits fonciers ou d'usages des terres. Le Geres, qui intervient au Cambodge depuis 1994, a développé avec le soutien du PNUD un nouveau modèle commercial pour le charbon de bois dans les provinces de Pursat et Kampong Chhang : le KjuonGo, une chaîne de valeur alternative durable, légale et traçable.

### Une chaîne de valeur légale, durable et rentable

De 2019 à 2022, le projet KjuonGo intègre le programme CEMAATERR pour le climat, et bénéficie du soutien de l'Agence Française de Développement, du Fonds nordique de développement et de la fondation Maisons du Monde<sup>a</sup>. Les charbonniers achètent du bois récolté de manière durable auprès des communautés forestières (CF), dans la limite des quotas autorisés par l'administration forestière (AF). KjuonGo s'articule autour de deux volets : la chaîne de valeur de charbon durable communautaire et les plantations communautaires. Sur le premier volet, le Geres accompagne les communautés forestières et des charbonniers sur les aspects techniques et organisationnels ainsi que l'AF locale au travers des procédures de production de charbon de bois légal. Les activités commerciales sont assurées par l'entreprise sociale KGC : commandes de bois aux CF, vente du charbon durable, suivi de la qualité jusqu'aux consommateurs finaux, relations avec l'AF nationale pour les procédures administratives de légalisation. Le second volet du projet porte sur les plantations communautaires en appuyant les initiatives de reforestation des communautés avec

des espèces natives et en testant trois modèles alternatifs : acacias plantés sur des terrains communaux, fruitiers plantés sur des terres privées et plantation d'acacias à vocation commerciale pour le bois de feu et les produits à plus forte valeur ajoutée.

### Des impacts socio-économiques et environnementaux

Douze CF et des charbonniers ont été impliqués au cours des trois années du projet. Les quotas de charbon légal ont été respectés à 100 %, 12 fours à charbon plus efficaces ont été construits ou rénovés. Dix-sept hectares ont été reboisés, 13 000 plants produits dans les pépinières, près de 9 000 arbres plantés et 7 400 ha de forêts gérées durablement ou protégées par les communautés. 7,5 % des revenus générés par les CF sont réinvestis, principalement pour le financement des patrouilles. Des cartes participatives (plantations, zones dégradées, etc.) et des plans d'action ont été élaborés par les communautés pour la protection et la restauration de leurs forêts. Le nouveau procédé de carbonisation a permis d'éviter l'émission directe de 588 tCO<sub>2</sub>e et 4 800 tCO<sub>2</sub>e par la déforestation. Le modèle de planta-

tion communautaire commerciale a créé 163 emplois, en majorité à temps partiel, dont 54 pour les femmes et une activité viable pour KGC. Avec une licence et un statut, les charbonniers peuvent désormais exercer une activité légale, sécurisée, rémunératrice et reconnue socialement. Toutefois, la lenteur de l'administration forestière à légaliser ces activités et la baisse de la demande liée aux restrictions sanitaires Covid-19 ont fortement impacté les quantités de charbon produites en trois ans : 74 tonnes de charbon KjuonGo vendues contre 300 prévues.

### Les défis du passage à grande échelle

Achevé en 2022, le projet du Geres a permis d'enclencher une collaboration entre KGC et les communautés. Des accords d'achat de charbon durable ont d'ores et déjà été passés entre KGC et 4 producteurs de charbon. Par ailleurs, 50 usines textiles se sont engagées dans un diagnostic énergétique incluant la biomasse (projet [Switch Garment](#) avec le Geres). La montée des exigences des marques internationales quant aux combustibles utilisés par leurs fournisseurs offre des débouchés pour le bois produit de façon légale et durable.

<sup>a</sup> Cet article s'inspire en particulier du rapport d'évaluation réalisé par ACK International pour l'AFD et le Geres : Programme CEMAATERR- « Climat – Énergie : Mesures d'Adaptation et d'Atténuation sur les Territoires Ruraux » - Évaluation finale de la Phase II - Note Composante Pays : Cambodge - 2022



“ MALGRÉ  
L'EXPLOSION DE  
LA DEMANDE  
DE MOBILITÉ,  
LES ÉMISSIONS  
BAISSENT EN  
EUROPE LÀ OÙ  
L'ÉLECTRIFICATION  
EST AVANCÉE. ”



Le secteur des transports est un de ceux qui a connu la reprise d'activité la plus importante en 2021-2022, suivie par un rebond de ses émissions domestiques de 7,4 % en 2021 (encore 4 % en dessous de 2019) [INDICATEURS]. En Europe, il s'agit du seul secteur dont les émissions augmentent depuis 1990 (+20 %).

Néanmoins, alors que la demande de mobilité explose à nouveau, les émissions du transport baissent en Europe là où l'électrification est avancée : par exemple en Norvège (-14,5 % depuis 2014 ; 86,2 % de véhicules électriques vendus en 2021) ou en Suède (-28 % depuis 2000). L'électrification du secteur routier progresse de plus en plus vite (10 % des ventes mondiales de véhicules neufs), non sans soulever des craintes vis-à-vis des nouvelles dépendances géopolitiques qu'elle pourrait créer, si elle n'est pas accompagnée d'une réduction de l'usage de la voiture et du développement des réseaux de transports en commun [TENDANCES]. Surtout, si la vente des véhicules électriques augmente plus vite que les autres, notamment en Europe et en Chine, elle partage la course avec les SUV, qui freinent la baisse des émissions du secteur en occupant près de la moitié des ventes mondiales.

En parallèle, les municipalités mettent en place différentes mesures, adaptées aux enjeux locaux pour faire sortir les voitures individuelles des routes intra-muros [TENDANCES]. Buenos Aires, une des 25 premières villes au monde à s'engager à atteindre la neutralité carbone en 2050, a accordé une grande place au développement de la « mobilité intelligente », dans le but de favoriser le transport multimodal [CAS D'ÉTUDE]. En complément des villes, les entreprises participent aussi à la mise en place de solutions. Au Zimbabwe, le système de micro-mobilité de la start-up locale Mobility for Africa répond aux enjeux cumulés de développement, d'accès au transport et de parité sociale [CAS D'ÉTUDE].

Les politiques de mobilité ont en effet des marges de manœuvre importantes pour par-

ticiper à l'adaptation des villes aux différents enjeux sociaux, politiques, et environnementaux qu'elles rencontrent. En réorganisant l'espace urbain à travers son projet de « superblocs », la ville de Barcelone montre que la transition de la mobilité ne repose pas que sur la motorisation. Elle permet ainsi, en plus de réduire les émissions GES, de favoriser la mobilité douce et la qualité de l'atmosphère du centre-ville [CAS D'ÉTUDE].

En termes d'adaptation *stricto sensu*, le secteur ferroviaire est celui qui est le plus exposé à l'intensification des changements climatiques, mais les actions d'adaptation pour y faire face sont encore peu développées [TENDANCES]. Pourtant, c'est un des transports privilégiés pour connecter les villes et pour inciter au report modal, comme l'ont montré les initiatives européennes de l'été 2022 avec la mise en place de « tickets climat » [SIGNAUX]. À l'inverse, l'usage de l'avion et en particulier des jets, sont sous les projecteurs depuis l'intensification ces deux dernières années des pratiques du « jet tracking » [SIGNAUX].

La reprise des échanges commerciaux et de l'activité économique a mené à une augmentation d'environ 7 % des émissions domestiques des secteurs du rail, du maritime et routier et de 13,2 % pour l'aviation. Bien que représentant une partie minime (1 %) du fret mondial, le fret aérien a été marqué par une augmentation de sa compétitivité vis-à-vis du fret maritime de mai 2020 à mars 2022. Les vols commerciaux ont aussi repris leur envol, suivant les prédictions d'augmentation de la demande et laissant le système de compensation CORSIA sur le tarmac [TENDANCES]. Dans un autre secteur difficile à décarboner, le fret maritime international, les espoirs placés à long terme dans les motorisations alternatives peinent encore à convaincre ; dans ce contexte, le raccourcissement des chaînes logistiques s'affirme comme une voie médiane à plus court terme. La pénétration des grands affréteurs mondiaux dans la gestion des derniers kilomètres terrestres illustre la tendance à l'intégration verticale du marché [TENDANCES].

INDICATEURS	51
TENDANCES	53
SIGNAUX	95
CAS D'ÉTUDE	97



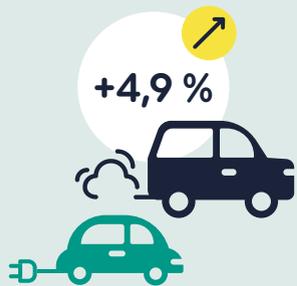
## DANS LA COURSE À LA DÉCARBONATION DES TRANSPORTS, LES ÉMISSIONS SONT PLUS RAPIDES

### Les émissions reprennent leur route en 2021

LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT DOMESTIQUE REPARTENT, SANS ATTEINDRE LES NIVEAUX DE 2019



### L'électrification des véhicules prend de la vitesse...



#### VENTES DE VÉHICULES NEUFS EN 2021

En baisse depuis 2018, les ventes de véhicules neufs repartent à la hausse après une chute historique de 13,7 % en 2020, sans pour autant retrouver leur niveau de 2019 (82 millions contre 91 millions).

OICA, 2022

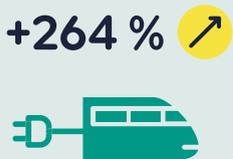
#### PART DES VENTES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES EN 2021



Les ventes de véhicules électriques représentent 10 % des ventes de véhicules neufs en 2021 (jusqu'à 20 % en Europe) après une croissance des ventes de 57,3 %. La Chine redevient le premier marché mondial, et BYD le premier constructeur, devant Tesla.

AIE, 2022; AIE, 2022

#### MARCHÉ MONDIAL DES TRAINS À BATTERIES ÉLECTRIQUES ENTRE 2019 ET 2021



Le secteur ferroviaire mise aussi sur les batteries pour réduire ses émissions et passe d'un marché mondial évalué à 132 millions de dollars en 2019 à 483 millions en 2021. La région Asie-Pacifique porte ces augmentations.

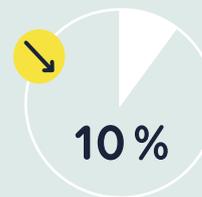
Allied Market Research, 2022

### ... portée par des investissements efficaces...



#### INVESTISSEMENTS DANS LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET LES INFRASTRUCTURES DE CHARGE EN 2021

REN21, 2022



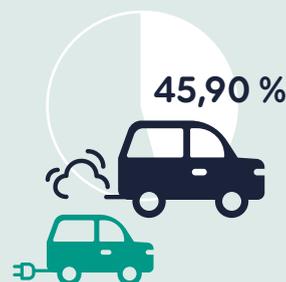
#### PART DES INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LES DÉPENSES TOTALES POUR LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES EN 2021

Les dépenses des gouvernements pour les voitures électriques ont doublé entre 2020 et 2021 ; mais ce ratio était de 20 % en 2017, témoignant de l'effet levier de l'investissement des États sur la dépense des ménages. Autrement dit, la dépense publique permet de lever des investissements privés plus que proportionnels.

AIE, 2022

### ... mais reste débordée par le succès des SUV

#### PART DES VENTES DE SUV PARMIS LES VÉHICULES NEUFS



Le marché électrique n'échappe pas à la mode des SUV : en 2021, 55 % des modèles électriques offerts sur le marché étaient des SUV (45 % en 2019). Les SUV sont la deuxième cause d'augmentation des émissions, derrière la production d'électricité carbonée.

AIE, 2021



## La transition de la mobilité urbaine prend des formes différentes selon les régions

**+39 villes**  
**NOUVELLES VILLES AVEC DES ZONES**  
**À FAIBLES ÉMISSIONS CARBONE EN 2021**

Fin 2021, 270 villes avaient fixé des zones à faibles émissions carbone, contre 231 en 2020.

[REN21, 2022](#)

**VENTES DE BUS ÉLECTRIQUES**  
**EN 2021 EN AMÉRIQUE LATINE**

+45 % de bus électriques/an en moyenne en Amérique latine depuis 2018. De janvier à septembre 2022, la croissance s'élève déjà 49 %. Les bus électriques se déploient principalement dans les grandes métropoles, portés par les constructeurs chinois, notamment BYD.

[E-Bus Radar, 2022](#)

**+7,5 %**

**VENTES DE VÉLOS ET DE**  
**VÉLOS ÉLECTRIQUES**  
**EN EUROPE EN 2021**

Les ventes de vélos et de e-vélos ont atteint 19,7 milliards d'euros en Europe, soit 7,5 % de plus qu'en 2020, particulièrement portée par le marché des vélos électriques (5/22 millions d'unités vendues).

[Conebi, 2022](#)

**+132 %**

**VENTES DE DEUX-ROUES**  
**ÉLECTRIQUES EN INDE EN 2021**

La « révolution électrique » des deux-roues en Inde continue au 1<sup>er</sup> trimestre 2022, où leurs ventes ont été multipliées par cinq.

[EtAuto, 2022](#)

**Le trafic aérien**  
**reprend**  
**son envol**  
**soutenu par**  
**la demande**

**377,6**  
**MTCO<sub>2</sub>**

**CO<sub>2</sub>**

**661,9**  
**MTCO<sub>2</sub>**

**ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DES**  
**VOLS INTERNATIONAUX**  
**EN 2021**

Les émissions des vols internationaux n'ont augmenté « que » de 10 %, en raison de la réouverture progressive des frontières en 2021 mais les prévisions du retour au niveau de 2019 sont avancées à 2023 au lieu de 2024.

[Enerdata, 2022](#)

**ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DU FRET**  
**MARITIME INTERNATIONAL**  
**EN 2021**

L'accélération du fret maritime en 2021 a fait remonter les émissions à 661,9 MtCO<sub>2</sub> (612,5 MtCO<sub>2</sub> en 2020), en dessous de leur niveau en 2019 (682,9 MtCO<sub>2</sub>). L'énergie fossile constitue la quasi totalité des émissions du fret maritime, les biocarburants représentant moins de 0,5 % de son énergie en 2021.

[Enerdata, 2022](#)

**Le secteur**  
**maritime rame**  
**pour démarrer**  
**son virage vers la**  
**décarbonation**

**86**

**NAVIRES ZÉRO-ÉMISSION**

**NOUVEAUX PROJETS**  
**PILOTES DE NAVIRES**  
**« ZÉRO-ÉMISSION » QUI ONT**  
**COMMENCÉ ENTRE 2021 ET**  
**LE PREMIER TRIMESTRE 2022**

Les nouveaux projets pilotes sont plus nombreux qu'en 2020 (60). Au sein des plus de 200 projets étudiés par la coalition « Getting to Zero », 45 se basent sur des technologies à hydrogène, 40 à l'ammoniaque et 30 sur des batteries électriques.

[Global Maritime Forum, 2022](#)

**+150 %**



**AUGMENTATION DU TRAFIC**  
**INTERNATIONAL AÉRIEN**  
**ENTRE JUILLET 2021 ET**  
**JUILLET 2022**

Le trafic aérien international reste à 67,9 % de son niveau de 2019.

[IATA, 2022](#)

**-49 %**

**ÉVOLUTION DU TAUX DE FRET**

Les tarifs du transport de marchandises par voie maritime ont baissé de 49 % entre septembre 2021 et août 2022 après avoir connu une croissance exponentielle de juillet 2020 à août 2021. En août 2022, ils sont encore supérieurs de 170 % à leur niveau de septembre 2020.

[Freightos Data Index, 2022](#)



TENDANCES  
ROUTIER

# Les métaux, précieux carburant du marché automobile dans la course à l'électrification

ANTOINE GILLOD • Directeur de l'Observatoire, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

Le rebond des ventes de véhicules neufs observé en 2021 est marqué par l'accélération de l'électrification des modèles. Dans un contexte de forte concentration des ressources en minerais stratégiques et des sites de production de batteries, les acteurs du marché automobile entrent en concurrence pour sécuriser leur approvisionnement et prendre position sur les nouveaux services bas carbone associés à la percée des véhicules électriques. De l'ouverture de mines de lithium au recyclage des batteries en passant par la construction de gigafactories, la compétition industrielle prend une nouvelle dimension. Toutefois, l'élan des véhicules électriques n'enraye pas une autre tendance majeure du marché : la croissance galopante des ventes de SUV.



PANORAMA DES DONNÉES

## L'électrification toujours prise de vitesse par la croissance des SUV

Après un effondrement historique de 9 % entre 2019 et 2020 sous l'effet de la pandémie, les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) du transport routier ont rebondi de 7,1 % en 2021, toujours en dessous (5,5 GtCO<sub>2</sub>e) du niveau pré-Covid (6,1 GtCO<sub>2</sub>e)<sup>1</sup>. Ce rebond s'explique par la reprise graduelle des activités de transport routier de passagers et de marchandise, qui occupent 75 % des émissions mondiales liées au transport<sup>2</sup>.

La croissance des ventes mondiales de véhicules neufs en 2021 a mis fin à trois années de baisses successives, accélérées par la pandémie. 82 684 788 véhicules neufs ont été écoulés, soit 4,9 % de plus qu'en 2020, mais toujours très en dessous du niveau d'avant crise (-9 %), selon les chiffres de l'Organisation internatio-

nale des constructeurs automobiles (OICA). Le marché européen est demeuré relativement stable (+1 %), tandis que les marchés américains (+6 %) et asiatiques (+6 %) ont rebondi plus fortement. L'Afrique, dont le marché du neuf est plus petit, affiche un taux de croissance très élevé (+24 %). Relativement peu affecté par la crise, le marché automobile chinois était déjà supérieur de 2 % en 2021 à l'année 2019. Des pays comme le Chili (+ 61 %), l'Ukraine (+23 %), l'Arabie saoudite (+23 %) ou le Pakistan (+91 %) ont également retrouvé des volumes de ventes supérieurs à 2019, tandis que de grands pays constructeurs comme l'Allemagne (-9 %), le Japon (-3 %) ou la Corée du Sud (-9 %) ont poursuivi leur dégringolade<sup>3</sup>. Les tendances moribondes de ces derniers s'expliquent par les difficultés rencontrées sur les chaînes d'approvisionnement en raison des goulets d'étranglement produits par l'arrêt des activités durant les confinements, la dispersion des capacités de fret maritime (CF. TENDANCE « MARITIME »), l'explosion de la demande pour les véhicules électriques et surtout l'envolée des prix du pétrole qui a fait chuter les ventes de véhicules thermiques.

Au sein de ce paysage contrasté, le marché poursuit toujours la même double tendance, contradictoire pour son impact sur les émissions : l'électrification des véhicules d'une part et la bascule vers les SUV et les véhicules lourds d'autre part. Les ventes mondiales de véhicules électriques (VE)<sup>a</sup> ont doublé en un an, pour atteindre 6,6 millions d'unités et 10 % du marché mondial. Dès le premier trimestre 2022, les ventes s'élevaient déjà à 2 millions d'unités, soit 75 % de plus qu'au premier trimestre 2021<sup>4</sup>. La Chine (3,3 millions de ventes) est repassée devant l'Europe (2,3 millions, +65 %) au rang des premiers marchés mondiaux, loin devant les États-Unis (630 000 unités). Les VE ont également profité du marasme du marché conventionnel causé par la crise pétrolière pour accroître leur part de marché : désormais, c'est près d'une voiture sur cinq vendue en Chine et en Europe<sup>5</sup> qui est électrique rechargeable (BEV et PHEV). En Inde, ce sont les deux-roues, occupant une place plus importante dans la mobilité, qui connaissent actuellement leur « révolution électrique » : les ventes de deux-roues électriques y ont bondi de 132 % en 2021<sup>6</sup>, et ont été multipliées par cinq au premier semestre 2022, pour atteindre 3,6 % du marché<sup>7</sup>. La part des deux et trois-roues à moteur à combustion interne occupent toujours 84 % des ventes de véhicules dans le pays<sup>8</sup>. L'électrification des segments plus lourds, comme les camions ou les bus (CF. TENDANCE « MOBILITÉ URBAINE »), bien qu'en croissance rapide, reste marginale et essentiellement concentrée sur le marché chinois. Néanmoins, tempère l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les véhicules électriques représentent seulement 1 % du parc automobile mondial à l'heure actuel. Et les véhicules hybrides traditionnels – non rechargeables – ne sont pas en reste, puisque leur part de marché atteignait 22,6 % dans l'UE au premier semestre 2022.

Les gains d'émissions obtenus par l'électrification des véhicules sont contrebalancés par les ventes de SUV. Ces véhicules, plus lourds et plus gourmands en carburant que la moyenne, occupent désormais 45,9 % des ventes mondiales de véhicules<sup>9</sup>. Selon l'AIE, les SUV sont la deuxième cause d'augmentation des émissions de GES entre 2010 et 2021, derrière la production d'électricité et devant l'industrie lourde, alors que les émissions des véhicules traditionnels reculent. Les plus de 35 millions de SUV mis sur le marché en 2021 vont générer 120 MtCO<sub>2</sub> d'émissions annuelles. Comme identifié par l'Observatoire en 2020, le marché des véhicules électriques n'échappe pas non plus à l'engouement des constructeurs et des consommateurs pour les SUV. Bien qu'ils n'occupent pas encore la majorité des ventes, 55 % des modèles de véhicules électriques sur le marché en 2021 étaient des SUV, selon l'AIE. Si l'électrification des SUV progresse désormais au même rythme que le reste du marché, 98 % des 320 millions de SUV en circulation dans le monde sont toujours des véhicules thermiques<sup>10</sup>.

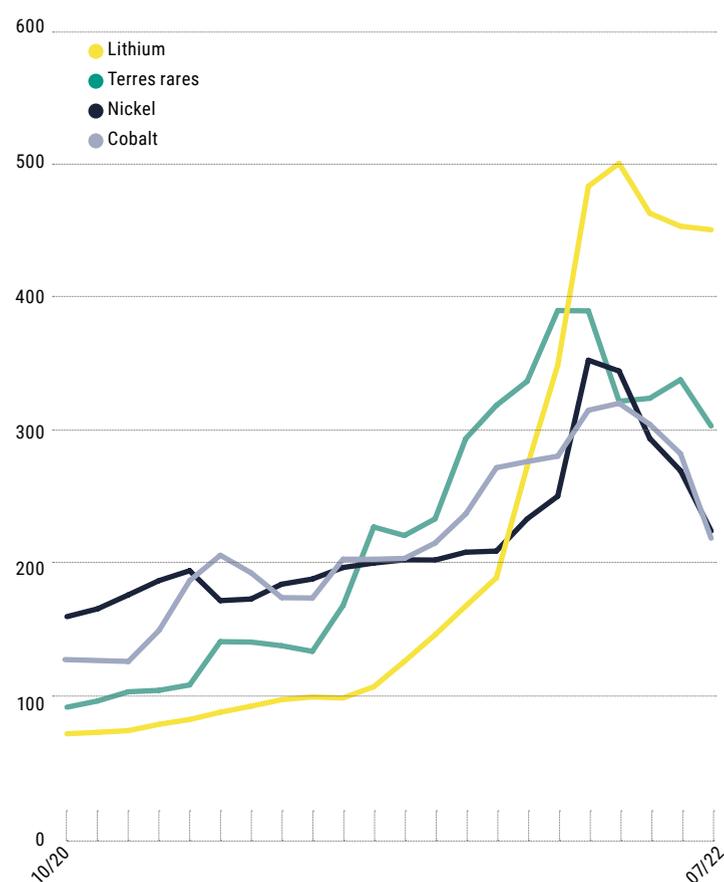
En continuant de s'orienter vers des véhicules de plus en plus lourds et à forte empreinte matérielle, le marché automobile s'expose aux variations de prix des matières premières minérales et des carburants fossiles. La masse moyenne des VE sur le marché est de 1 940 kg : un tiers d'entre eux dépassent les

2 000 kg, et plus de la moitié se situe entre 1 500 et 2 000 kg<sup>11</sup>. C'est bien plus que la moyenne des véhicules neufs en France (1 240 kg<sup>12</sup>), ou même aux États-Unis (1 857 kg)<sup>13</sup>, alors que l'efficacité énergétique d'une voiture électrique tend à diminuer quand sa masse augmente<sup>14</sup>. Une voiture électrique nécessite également une quantité de métaux rares six fois supérieure à ses alternatives conventionnelles<sup>15</sup>. Or les coûts du cobalt, du lithium et du nickel, les trois principaux métaux contenus dans les batteries, ont subi une très forte inflation depuis le deuxième semestre 2020 (FIG. 1).

**FIGURE 1**

**ÉVOLUTION DE L'INDICE DES PRIX (BASE : 100) D'UNE SÉLECTION DE MÉTAUX ENTRE OCTOBRE 2020 ET JUILLET 2022**

Source : *FMI Energy Transition Metal Index, 2022*



En continuant de s'orienter vers des véhicules de plus en plus lourds et intenses en matières premières, les constructeurs automobiles, les États et les consommateurs s'exposent ainsi aux risques structurels que fait peser la croissance folle de la demande mondiale en métaux stratégiques. C'est pourquoi une tendance majeure du marché automobile cette année est à l'investissement massif des acteurs pour la régionalisation de la production de batteries, la sécurisation des approvisionnements en métaux et l'intégration verticale de la chaîne de valeur.

<sup>a</sup> Les VE incluent les véhicules à batterie « 100 % électriques » (Battery Electric Vehicle – BEV) et les hybrides rechargeables (Plug-In Electric Vehicle – PHEV). Les PHEV sont à dissocier des hybrides traditionnelles (Hybrid Electric Vehicles – HEV).



## Le marché automobile dans une course folle aux batteries électriques

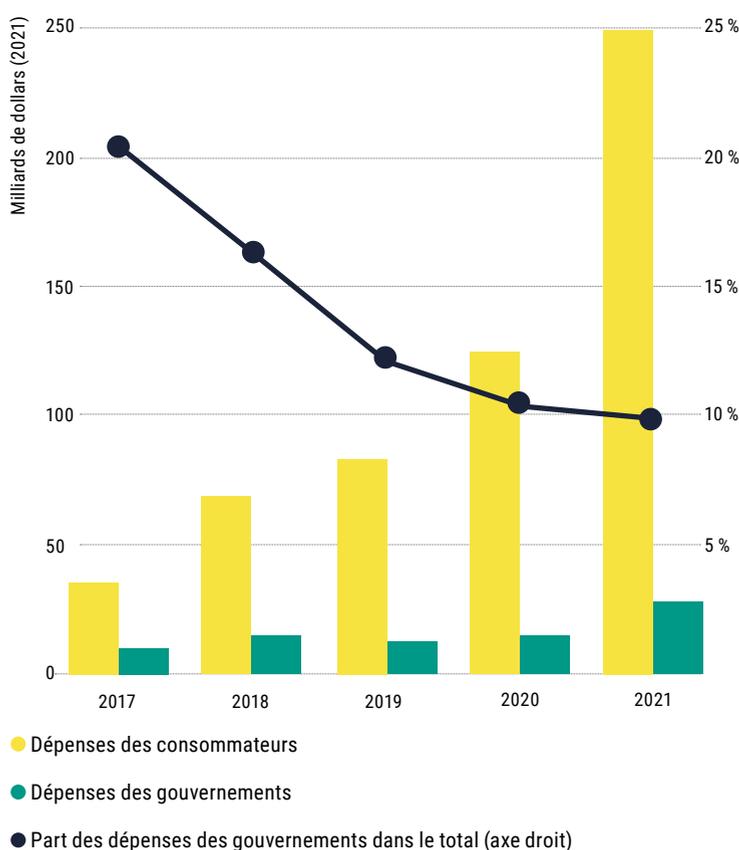
### Les politiques de soutien aux véhicules électriques

Parmi les principaux moteurs du marché, l'AIE insiste sur le doublement des subventions et des incitations publiques pour les VE en 2021 (30 Md\$) tels que les bonus ou les primes à l'achat. Dans le même temps, les dépenses des consommateurs approchent les 280 Md\$. Combiné à la baisse du coût des batteries (**CF. PLUS BAS**), l'effet levier des dépenses publiques est donc certain, puisque la part des dépenses de gouvernement dans le total des investissements pour les véhicules électriques ne cesse de baisser, de 21 % en 2017 à 10 % en 2021 (**FIG. 2**)<sup>16</sup>.

**FIGURE 2**

### DÉPENSES DES CONSOMMATEURS ET DES GOUVERNEMENTS POUR LES VOITURES ÉLECTRIQUES, 2016-2021

Source : AIE, 2022



Le mouvement mondial d'exclusion progressive des véhicules thermiques continue aussi de gagner du terrain. 39 pays, 60 gouvernements locaux et régionaux et 13 constructeurs automobiles sont aujourd'hui signataires de la Déclaration de la COP26 sur l'accélération de la transition vers des voitures et des vans « 100 % zéro émission » à l'horizon 2040<sup>b, 17</sup>. Depuis, l'État de Californie a voté l'interdiction de la vente des véhicules thermiques en 2035, assortie d'un objectif de vente de véhicules de transport de passagers « zéro émission » (BEV et hydrogène) de 35 % en 2026<sup>18</sup>. Une initiative qui devrait automatiquement entraîner ces mêmes effets dans les États de Washington et du Massachusetts, qui ont lié leur réglementation à celle de la Californie. L'Oregon et l'État de New York devraient aussi prendre la suite<sup>19</sup>. Le Canada a également présenté un plan de réduction des émissions en 2030 qui vise la vente de véhicules de transport de passagers 100 % électriques en 2035<sup>20</sup>. Dans sa stratégie nationale pour la mobilité électrique publiée en octobre 2021, le Chili vise l'électrification de 100 % des ventes de véhicules légers, moyens et des transports publics (bus, taxis...)<sup>21</sup>.

Le vote du Parlement européen pour interdire les ventes de voitures thermiques en 2035 marque à cet égard une étape majeure vers l'électrification du marché<sup>22</sup>. Ce nouveau cap vient s'ajouter au règlement européen visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves, entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2020 (règlement UE 2019/631<sup>23</sup>), en place pour la troisième année consécutive. Mais c'est seulement la première fois que leurs performances sont mesurées selon les nouvelles normes WLTP<sup>c</sup>.

En 2021, la moyenne d'émissions des constructeurs automobiles s'élevait à 115 g/km en Europe, contre 131 g/km en 2020 (12 %). Avec l'aide des mécanismes de flexibilité, des dérogations et des bonifications prévues par la norme européenne (**CF. ENCADRÉ 1**), la moyenne tombe à 113 g/km. L'ensemble des groupements de constructeurs ont atteint et dépassé leurs objectifs, avec des marges variables : de 1 gCO<sub>2</sub>/km pour Renault-Nissan-Mitsubishi (109 g/km, pour un objectif de 110) jusqu'à 96 gCO<sub>2</sub>/km pour Tesla-Honda-Jaguar Land Rover, qui obtient un résultat de 33 gCO<sub>2</sub>/km contre un objectif de 129<sup>24</sup>. Honda et Jaguar Land Rover bénéficient ainsi des résultats de Tesla, qui ne vend que des BEV, comme l'avait fait l'an passé Fiat-Chrysler, qui a désormais intégré le *pool* Stellantis. Le montant de la transaction pour entrer dans ce groupement n'a pas été révélé. Dans l'ensemble, ces résultats positifs illustrent la poursuite de la pénétration des véhicules électriques dans les flottes des constructeurs.

<sup>b</sup> Des constructeurs (Toyota, Renault-Nissan, Volkswagen, BMW...) et des économies majeures (France, Allemagne, Chine, États-Unis...), qui ont pourtant des objectifs individuels de transition vers les véhicules électriques et/ou de sortie des véhicules thermiques, n'ont pas signé l'accord.

<sup>c</sup> La norme d'essai pour l'homologation des véhicules *Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure* (WLTP) remplace depuis 2021 la norme *New European Driving Cycle* (NEDC) précédemment utilisée, dont les failles ont notamment été révélées lors du Dieselgate. Par conséquent, les valeurs WLTP sont plus élevées que les valeurs NEDC. Dans l'édition 2021 du Bilan mondial de l'action climat par secteur, les chiffres donnés sont encore basés sur la norme NEDC ; ainsi, l'ordre de grandeur des résultats présentés ici est différent, mais la tendance demeure à la baisse d'une année sur l'autre.

## LE RÈGLEMENT EUROPÉEN SUR LES NORMES D'ÉMISSIONS DES VÉHICULES NEUFS

Le règlement UE 2019/631 n'impose pas d'objectifs de ventes de véhicules électriques, mais fixe des niveaux d'émissions limites à ne pas dépasser pour chaque constructeur. La limite de 95 gCO<sub>2</sub>/km fixée jusque-là à l'ensemble des véhicules neufs vendus en 2020 n'a pas été renouvelée lors de l'adoption de la méthodologie WLTP. À la place, des objectifs spécifiques à chaque constructeur leur ont été fixés, sur la base de la masse moyenne de leurs véhicules mesurée en 2020 et 2021, et du ratio d'émissions WLTP/NEDC mesuré en 2020. La logique reste la même : il est toujours possible de produire et de vendre des unités dépassant la limite si cette vente est compensée par celle d'un véhicule moins émetteur. De nombreux aménagements au règlement sont prévus. Les constructeurs peuvent se constituer en groupement (*manufacturer pools*), à l'image de Fiat-Chrysler qui s'était associé à Tesla pour faire baisser sa moyenne, contre un paiement de 1,8 Md€ sur trois ans, avant sa fusion avec Peugeot dans le groupe Stellantis. En outre, la limite d'émissions tient compte de la masse des voitures, permettant ainsi d'assouplir l'objectif de CO<sub>2</sub> fixé aux constructeurs automobiles vendant des véhicules plus lourds que la moyenne, ce qui n'incite pas à en réduire le poids. Un système de bonification s'applique également aux véhicules électriques, qui sont comptabilisés plusieurs fois dans le calcul des émissions moyennes et permettent ainsi de flexibiliser la limite d'émissions (1 VE comptait alors pour 2 véhicules en 2020, puis 1,67 véhicules en 2021). Enfin, les constructeurs automobiles peuvent gagner des bonus CO<sub>2</sub> d'éco-innovation en équipant les véhicules de technologies innovantes<sup>25</sup>. Cependant, en 2021, la provision permettant aux constructeurs de ne présenter que 95 % de leur flotte à l'évaluation a été supprimée. En fonction de ces divers aménagements, la limite d'émissions assignée par l'UE à chaque constructeur peut être largement modulée ; entre 100 gCO<sub>2</sub>/km pour Kia, Hyundai et le groupe Renault-Nissan-Mitsubishi, et jusqu'à 133 gCO<sub>2</sub>/km pour Volvo en 2022<sup>26</sup>.

BYD a détrôné Tesla au rang de premier producteur de voitures électriques sur les six premiers mois de 2022. Le constructeur chinois aurait vendu 641 000 véhicules, soit une augmentation de 300 % en un an, contre 564 000 pour Tesla. Tesla aurait particulièrement souffert du confinement imposé sur Shanghai, où BYD n'a pas d'usine<sup>27</sup>. Cependant, la plupart des véhicules BYD sont des PHEV, qui reposent toujours en partie sur un moteur thermique. Plus remarquable encore, BYD a également dépassé LG au second rang des producteurs mondiaux de batteries, derrière une autre entreprise chinoise, Contemporary Amperex Technology (CATL). BYD et Shell ont signé un accord de coopération stratégique en Europe et en Chine. En Europe, les deux entreprises vont former un *pan-European Mobility Service Provider* (MSP), pour fournir aux clients privés et commerciaux de BYD un accès par adhésion au réseau de bornes de recharges électriques de Shell. En Chine, un joint-venture doit être lancé pour équiper la ville de Shenzhen de plus de 10 000 points de recharge électrique<sup>28</sup>.

Les véhicules électriques rencontrent un succès croissant dans les flottes d'entreprises. La Corporate Electric Vehicle Alliance est une initiative portée par le Ceres, qui rassemble des entreprises engagées pour l'accélération de l'électrification de leur flotte d'entreprise. Début 2022, le Ceres a présenté à de grands constructeurs automobiles les résultats d'une enquête conduite auprès de ses membres : des entreprises comme Amazon, Best Buy, DHL, Hertz, Schindler Elevator ou T-Mobile affirment vouloir passer commande de 330 000 VE dans les cinq prochaines années aux États-Unis<sup>29</sup>. En 2021, 31 nouvelles entreprises ont rejoint EV100, l'initiative de Climate Group pour électrifier les flottes d'entreprises ; l'initiative couvre désormais 98 marchés dans le monde, pour un engagement total de 5,5 millions de véhicules électriques. En 2021, le déploiement de VE dans ces flottes d'entreprise a crû de 42 % ; 53 361 VE ont été intégrés, portant la flotte de VE en opération à 209 654 unités. EDF opère la plus importante flotte de VE (6 331 unités) parmi les membres d'EV100, et enregistre la plus forte croissance en 2021, devant E.ON et BT Group<sup>30</sup>.

Le secteur des véhicules de tourisme avec chauffeur (VTC), quant à lui, peine encore à passer à l'électrique. Les acteurs dominants du marché – Uber, Lyft, Didi Chuxing –, mais aussi des gouvernements locaux comme la Californie, ont formulé des engagements à faire passer 100 % des flottes en électrique avant 2030. Au Brésil, l'application 99, principal concurrent d'Uber dans le pays, a signé un partenariat avec BYD pour tester le déploiement de VE à Sao Paulo<sup>31</sup>. Pourtant, l'électrification des flottes de VTC en Europe, aux États-Unis et au Canada est plus lente que le reste du marché, selon une étude du World Resource Institute (WRI)<sup>32</sup>. Les auteurs identifient trois obstacles majeurs à l'électrification des VTC : le coût important à l'achat d'un VE pour le chauffeur, le manque de solutions de recharge rapide, abordable et facilement accessible la nuit, et le manque d'information et de sensibilisation des chauffeurs sur les véhicules électriques. Alors qu'Uber paye ses conducteurs 1 \$/heure supplémentaire lorsqu'ils conduisent un VE, des retards de paiement ont été pointés par Bloomberg l'an passé. Le partenariat signé avec Hertz en octobre 2021<sup>33</sup>, visant à faciliter l'accès des chauffeurs à des Tesla grâce à la location, se révèle également hors de portée de nombreux conducteurs<sup>34</sup>.

Quelques villes font figures d'exception. À Amsterdam, où plus de 6,5 % des véhicules Uber sont électriques, l'installation de bornes de recharge sur demande des usagers a pu faciliter le maillage du territoire en fonction des besoins exprimés par les conducteurs. À Londres, où Uber collabore étroitement avec la municipalité, la firme californienne affirme que près de 90 % des nouveaux chauffeurs conduisent un véhicule 100 % électrique<sup>35</sup>. Alors qu'elle vise des activités 100 % électriques dans la capitale britannique en 2025, Uber a récemment étendu son service « Uber Green » de la Zone 1 à l'ensemble de la ville de Londres<sup>36</sup>. En Inde, Delhi est devenu le premier État du pays à proposer l'électrification obligatoire d'une partie des nouveaux taxis (surtout deux et trois-roues) enregistrés sur application, et de nombreuses start-up s'engouffrent dans ce marché naissant : avec 1 000 quatre-roues

électriques, BluSmart est la plus grande entreprise de VTC 100 % électrique du pays<sup>37</sup>.

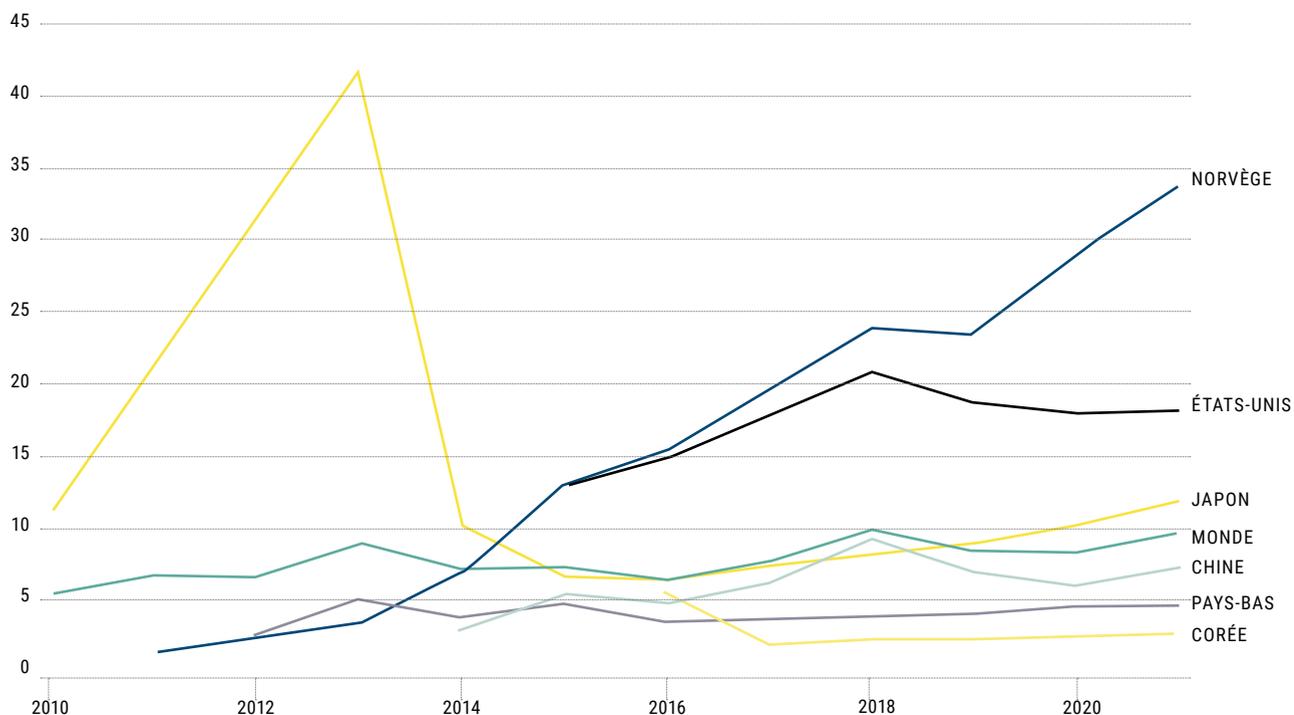
Les points de recharge de véhicules électriques accessibles publiquement étaient en hausse de 40 % en 2021, soit 500 000 nouvelles bornes installées dans le monde<sup>38</sup>. 85 % de ces points de recharge sont situés en Chine. À l'échelle mondiale, l'Agence internationale de l'énergie observe que le ratio VE/point de charge public a tendance à diminuer à mesure qu'augmente la part des BEV dans le parc automobile (FIG. 3). En Chine, en Corée et aux Pays-Bas, ce ratio est relativement stable depuis 2015, signe que le réseau de charge se développe à un rythme similaire à celui du marché des VE. En Norvège et aux États-Unis, où les maisons individuelles avec garage sont très importantes, le ratio est plus élevé que la moyenne et tend à augmenter, en raison d'une prédominance des points de charge à domicile. L'Union européenne, qui, en 2014, s'était fixé dans la directive AFID (*Alternative Fuel Infrastructure Directive*) l'objectif d'une station de charge pour dix véhicules électriques en 2020, n'a pas tenu sa cible (1/14 en 2021)<sup>39</sup>. L'installation de points de charge dans les parkings des nouveaux bâtiments pourrait être rendue obligatoire par la révision de la directive sur la performance énergétique des bâtiments. Lors de la COP26, Boris Johnson, alors premier ministre britannique, a déclaré vouloir rendre obligatoire l'installation de prises de recharge pour VE dans toutes les nouvelles habitations dotées d'un stationnement individuel à partir de 2022<sup>40</sup>.

Aux États-Unis, des villes commencent à restreindre, voire à interdire la construction de nouvelles stations essence. Petaluma, une ville de 60 000 habitants en Californie, fut la première au monde à changer son code de construction afin d'interdire non seulement la construction de nouvelle stations, mais également l'extension des stations existantes. À l'inverse, un élu de Raleigh, en Caroline du Nord, a déposé un projet de loi visant à détruire des bornes de recharge électrique si davantage de stations essence ne sont construites à leurs côtés. L'*Infrastructure Investment and Jobs Act* promulgué par Joe Biden en novembre 2021 prévoit notamment 7,5 Md\$ d'investissement pour aider à l'installation de bornes de recharge électrique, afin d'atteindre 50 % de ventes de véhicules électriques en 2030, contre 2 % aujourd'hui<sup>41</sup>. L'*Inflation Reduction Act*, finalement votée par la Chambre des représentants en août 2022, crée un nouveau crédit d'impôt de 7 500 \$ pour l'achat de véhicule électrique. Cela non seulement dans le but d'accélérer les ventes et la transition du parc automobile, mais également en vue de réorienter les chaînes d'approvisionnement sur le territoire national : seuls les véhicules assemblés aux États-Unis sont en effet qualifiés pour le crédit d'impôt<sup>42</sup>.

**FIGURE 3**

**RATIO DE VÉHICULES LÉGERS ÉLECTRIQUES PAR POINT DE RECHARGE DANS UNE SÉLECTION DE PAYS, 2010-2021**

Source : Agence internationale de l'énergie, 2022



En effet, dans la continuité de l'année 2021, les objectifs climatiques et énergétiques qui motivent en partie l'électrification du transport s'accompagnent d'une quête d'autonomie stratégique des États et des acteurs non-étatiques qui poussent à la régionalisation de la production de batterie et à la sécurisation des approvisionnements en ressources critiques.

### En Europe et aux États-Unis, le virage de la régionalisation pour la production de batteries

La production mondiale de batteries a crû de 83,4 % en un an, pour s'établir à 122,9 GWh entre janvier et avril 2022. À elle seule, la Chine était à l'origine de 77 % des batteries lithium-ion produites dans le monde en 2020<sup>43</sup>. Les producteurs asiatiques dominent largement le marché : le chinois CATL (33,7 % de part de marché), devance le coréen LG Energy Solution (12,8 %) et BYD (12,1 %), autre constructeur automobile chinois. En dépit de la pandémie et des fermetures ponctuelles d'usines comme la *gigafactory* de Tesla à Shanghai, chacun de ces acteurs a doublé, voire triplé sa production annuelle de batteries<sup>44</sup>. Le prix moyen des batteries a continué de diminuer, jusqu'à 132 \$/kWh fin 2021, contre 140 \$/kWh en 2020 et 1 200 \$/kWh en 2010<sup>45</sup>.

Cependant, la tendance décennale à la baisse continue du coût des batteries électriques s'est remarquablement inversée lors du premier semestre 2022, sous l'effet conjugué de la croissance de la demande et de l'inflation des matières premières qui mettent les chaînes d'approvisionnement sous tension. Le coût des batteries lithium-ion<sup>d</sup> est passé de 105 \$/kWh en 2021 à 160 \$/kWh en avril 2022<sup>46</sup>. En moyenne, les batteries produites aux États-Unis et en Europe sont 40 % et 60 % plus chères qu'en Chine, selon BloombergNEF, qui suit la tendance d'année en année. Or le prix des batteries représente 30 à 40 % du coût d'un véhicule électrique<sup>47</sup>. Dans un contexte de forte croissance du marché global des véhicules électriques, cette inflation soudaine presse davantage les stratégies engagées par les acteurs industriels et les États pour rapprocher la production de batteries de leurs sites de construction automobile.

Afin de se défaire de cette double exposition à la domination des acteurs asiatiques et de la pression inflationniste dans un contexte de forte demande, l'Europe et les États-Unis se sont lancés dans une véritable course à la production de batteries électriques. Ces projets sont le résultats d'investissements conjoints de constructeurs automobiles, d'entreprises d'électronique et de soutiens publics. Dans le cadre de l'*Infrastructure Investment and Jobs Act* voté en novembre 2021 par le Congrès des États-Unis, 7 Md\$ ont été débloqués pour aider les entreprises à développer des projets de production et de recyclage domestiques de batteries électriques<sup>48</sup>. Depuis 2017, l'Alliance européenne des batteries (EBA) alloue des fonds publics et autorise les aides d'États pour le développement de projets liés aux batteries ; dans un communiqué de presse paru en février 2022, l'EBA recense 111 projets développés dans

toute l'Europe, pour un investissement total de 127 Md€ sur l'ensemble de la chaîne de valeur<sup>49</sup>.

Ainsi, près de 1 400 GWh de « *gigafactories* » sont en projet en Europe (FIG. 4), de quoi équiper près de 17,5 millions de véhicules par an à horizon 2030<sup>50</sup>. En tout, ce sont près de quarante *gigafactories* qui sont annoncées. Pour l'heure, seules trois usines de fabrication de batteries pour véhicules électriques sont opérationnelles sur le Vieux continent : une petite usine pilote et de R&D, ouverte début 2022 par InoBat en Slovaquie ; une usine opérée depuis 2017 par Samsung à Göd, en Hongrie (40 GWh), et surtout Northvolt Ett, en Suède. Cette dernière *gigafactory*, d'une capacité de 60 GWh, a revendiqué en décembre 2021 la production de la toute première cellule de batterie lithium-ion conçue, développée et assemblée par une entreprise européenne<sup>51</sup>. Northvolt a déjà sécurisé l'équivalent de 50 Md\$ de contrats d'approvisionnement avec des constructeurs comme BMW, Scania, Volkswagen ou encore Volvo, et commencé ses premières livraisons commerciales en juin 2022<sup>52</sup>. En 2022, Northvolt a annoncé l'ouverture de deux nouveaux sites dans les années à venir, dans une ancienne usine à papier près de Göteborg, et dans le nord de l'Allemagne.

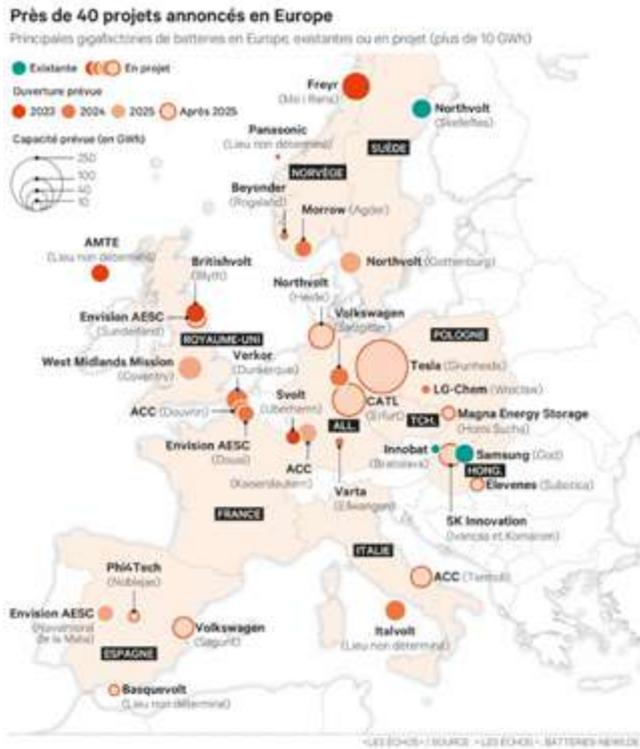
Parmi les derniers projets en date, Volkswagen, actionnaire à 20 % de l'usine Northvolt Ett, a annoncé la création d'une nouvelle société, « PowerCo », qui doit développer cinq *gigafactories* en Europe, dont la première doit voir le jour à Salzgitter, en Allemagne. Au total, le groupe automobile prévoit un investissement de 20 Md€ et la création de près de 20 000 emplois<sup>53</sup>. C'est aussi en Allemagne que Tesla a inauguré, au printemps 2022, la plus grande *gigafactory* d'Europe, à Grünheide, près de Berlin. D'une capacité de 100 GWh, l'usine doit démarrer sa production au deuxième semestre 2022 ; d'abord 30 000 unités lors des six premiers mois, et jusqu'à 500 000 voitures par an à terme<sup>54</sup>. Aux États-Unis, le Département de l'énergie comptabilisait treize projets de *gigafactories* prêtes à devenir opérationnelles en 2025<sup>55</sup>. Depuis, Stellantis et Samsung ont annoncé leur intention d'investir 2,3 milliards d'euros pour construire et opérer une nouvelle *gigafactory* dans l'Indiana<sup>56</sup>, tandis que Honda s'associe à LG Energy Solution pour investir 4,4 Md\$ dans une nouvelle usine de 40 GWh<sup>57</sup>.

<sup>d</sup> Les batteries lithium-ion sont les batteries les plus communément produites pour l'électromobilité, par opposition aux batteries au plomb. Parmi cette famille, on y distingue ensuite les batteries nickel-manganèse-cobalt (NMC), les plus courantes car disposant de la meilleure densité énergétique, des batteries lithium-fer-phosphate (LFP), plus stables et mieux adaptées au stockage de grandes capacités.

**FIGURE 4**

**LES « GIGAFABRIQUES » EXISTANTES OU EN PROJET EN EUROPE (PLUS DE 10 GWH)**

Source : [Les Échos](#), 10/07/2022



**La relocalisation de la production de minerais stratégiques se heurte aux oppositions locales**

Outre la production de batteries, un autre déséquilibre de taille se pose en amont de la chaîne de valeur : la concentration des capacités de production, de raffinage et de transformation des métaux critiques (cf. **ENCADRÉ 2**). Ainsi, la République démocratique du Congo extrait 70,9 % du cobalt dans le monde, la Chine 59 % des terres rares<sup>e</sup> et 67,1 % du graphite, et l’Australie 52,3 % du lithium. La RDC concentre également 51,4 % des réserves de cobalt, la Chine, le Brésil et la Russie 68,4 % des réserves de terres rares, quand le Chili et l’Australie gardent en sous-sol près des trois-quarts du lithium disponible dans le monde<sup>58</sup>. Le paysage est encore plus impressionnant en aval des filières, puisque la Chine concentre à elle seule la grande majorité des capacités de raffinage et de transformation de tous ces métaux<sup>f</sup>, ainsi que des parts très importantes des capacités de production.

**ENCADRÉ 2 • POUR MIEUX COMPRENDRE**

**LA CRITICITÉ DES MÉTAUX, UNE NOTION RELATIVE**

Deux facteurs composent la « criticité » d’un métal : les risques qui pèsent sur son approvisionnement (disponibilité géologique, concentration de l’extraction et de la production, stabilité politique des pays producteurs, etc.), et l’importance du métal pour les économies. La variation de l’appréciation de ces facteurs aboutit à des évaluations différentes de la criticité des métaux selon les espaces économiques, les contextes et les périodes : la dernière liste dressée par l’Union européenne en 2020 qualifie 30 matériaux de « critiques » contre seulement 14 en 2011, quand les États-Unis en comptent 35, le Japon 34 et la Chine 24. On trouve dans ces listes aussi bien des métaux rares d’un point de vue géologique que des métaux abondants mais soumis à de fortes pressions en raison de la demande future (cuivre, bauxite, et même les « terres rares »...) ou des contextes politiques et environnementaux de leur extraction lorsque celle-ci est très concentrée géographiquement (cobalt en République démocratique du Congo – RDC).

Sources : [BRGM, 2018](#) ; [Commission européenne, 2020](#) ; [Interior Department of the United States, 2019](#) ; [Andersson, P., 2020](#)

Symbole absolu de la convergence des enjeux de transition et d’indépendance géostratégique, le président Joe Biden a invoqué au début du mois de mars 2022 le *Defense Production Act* de l’époque de la guerre de Corée pour dégager des crédits supplémentaires afin d’accélérer la production de métaux stratégiques pour la transition énergétique du pays<sup>59</sup>. Les États-Unis ne disposent en effet plus que d’une seule mine de terres rares (Mountain Pass, en Californie), et de nombreux autres projets sont en cours de développement.

La production de minerais stratégiques ravive les nationalismes économiques, y compris dans les pays émergents qui souhaitent tirer profit de leurs ressources en matières premières pour intégrer les chaînes de valeur et gagner en valeur ajoutée. Au Mexique, le président Andrés Manuel López Obrador a annoncé en avril 2022 la création d’une entreprise d’État, Litio para México, pour explorer et exploiter le lithium et en contrôler la chaîne de valeur<sup>60</sup>. Un an auparavant, le coréen LG Energy Solution (LGES), acteur dominant du marché des batteries rechargeables, avait signé un protocole d’accord avec quatre entreprises publiques indonésiennes pour former l’Indonesian Battery Corporation<sup>61</sup>. L’interdiction d’exporter du nickel, décidée en janvier 2020 par le gouvernement, aurait déjà permis d’accroître les investissements sur le territoire national<sup>62</sup>. Raffiné, le sulfate de nickel est un élément essentiel à la fabrication des cathodes dans les batteries domestiques et les batteries lithium-ion utilisées dans les véhicules électriques. L’ambition du président indonésien Joko

e Les « terres rares » désignent un groupe de 17 métaux qui ne sont pas rares à proprement parler, mais dont la concentration dans la croûte terrestre est très faible, ce qui rend leur extraction coûteuse énergétiquement. Ils sont remarquables pour leurs propriétés catalytique, magnétique, électrique, chimique, optique et de résistance à la chaleur, qui en font des matériaux indispensables à de nombreuses technologies comme les smartphones, les écrans LCD, les ampoules basse consommation, les LED, les lasers, les aimants permanents des turbines des éoliennes, notamment offshore, ou encore dans l’armement.

f De 35 % pour le nickel à 50-70 % pour le lithium et le cobalt, et jusqu’à 90 % pour les terres rares, selon les chiffres de l’AIE. Source : [AIE, 2021](#)

Widodo est de développer une filière économique nationale intégrée, de la mine jusqu'à la production de batteries, plutôt que d'exporter seulement les matières premières. En République démocratique du Congo, en février 2022, un tribunal a retiré le contrôle d'une des plus grandes mines de cobalt au monde à China Molybdenum, soupçonnée de fraude à la redevance<sup>63</sup>. Le gouvernement congolais entend reprendre le contrôle sur la production de cobalt via son entreprise d'État, Gécamines, sur fond de campagne anticorruption et de rapprochement entre le président Félix Tshisekedi et son homologue américain Joe Biden, soucieux du contrôle chinois sur la chaîne d'approvisionnement<sup>64</sup>. En vue de renforcer sa position dominante, la Chine a autorisé la fusion de China Minmetals Rare Earth Co, Chinalco Rare Earth and Metals Co et Ganzhou Rare Earth Group, pour former un seul groupe sous l'autorité du gouvernement central, China Rare Earth Group, qui contrôlera 70 % de la production nationale de terres rares<sup>65</sup>.

Mais la volonté d'ouvrir de nouvelles mines se heurte à l'opposition d'une société civile qui a parfois depuis longtemps tourné la page de son histoire minière. En janvier 2022, le gouvernement serbe a fini par révoquer la licence d'exploitation du groupe anglo-australien Rio Tinto pour l'ouverture d'une des plus grandes mines de lithium au monde dans la vallée de Jadar. Le géant minier, qui prévoyait d'investir 2,4 Md\$, a rencontré une vive opposition de riverains et de responsables politiques<sup>66</sup>. Au Portugal, le projet d'ouverture d'une mine de lithium par Savannah Resources dans la région de Barroso, classée au Patrimoine agricole mondial, à 150 kilomètres au nord-est de Porto, soulève également des protestations<sup>67</sup>. La capacité de la mine pourrait fournir du lithium à 500 000 VE pendant près de dix ans. En France, dans le Finistère, 600 personnes ont manifesté « de façon préventive » contre tout projet d'extraction de lithium dans une zone classée Natura 2000, après que le Bureau des ressources géologiques et minières (BRGM) a publié une carte dévoilant le potentiel de la région<sup>68</sup>. En Indonésie, de plus en plus de militants sont arrêtés depuis la révision de la loi minière en 2020 : en 2021, 53 personnes étaient poursuivies pour des charges criminelles pour s'être opposées à des projets miniers<sup>69</sup>. Enfin, aux États-Unis, des peuples de « natifs américains » se liguent contre le projet Thacker Pass, qui doit devenir la plus grande mine de lithium des États-Unis, construite par Lithium Nevada Corporation. Durant les 41 ans de durée du projet, la mine doit produire 80 000 tonnes de carbonate de lithium par an, soit l'équivalent d'un cinquième de la production mondiale en 2020<sup>70</sup>.

### En quête de sécurité d'approvisionnement, constructeurs et fournisseurs se rapprochent

Sur l'ensemble du marché, les constructeurs tendent à se rapprocher de leurs fournisseurs en signant des contrats d'approvisionnement en métaux stratégiques. Le groupe Stellantis (PSA/ Fiat-Chrysler) a signé un contrat d'approvisionnement en lithium pour ses usines européennes avec Vulcan Energy. Cette jeune entreprise australienne développe en Allemagne un projet intitulé « *Zero carbon Lithium* » qui vise à utiliser

l'énergie géothermique pour produire de l'hydroxyde de lithium à partir de saumure. Elle s'engage à fournir à Stellantis un minimum de 81 000 tonnes d'hydroxyde de lithium sur cinq ans à partir de 2026. Il s'agit d'un projet similaire et concurrent à celui développé par Eramet en Alsace (**CF. CAS D'ÉTUDE ALSACE**). Renault et le fabricant de batteries LG ont également signé des contrats d'approvisionnement avec la firme australienne<sup>71</sup>. Sur le marché américain, Stellantis a signé un accord avec Controlled Thermal Resources (CTR) pour se fournir en hydroxyde de lithium produit en Californie. CTR en fournira ainsi 25 000 tonnes par an au constructeur durant les dix prochaines années, afin de fabriquer des batteries en Amérique du Nord<sup>72</sup>. De son côté, Ford affirme avoir sécurisé ses approvisionnements pour produire 600 000 VE par an à partir de 2023 ; par exemple via un récent joint-venture avec Loneer Ltd., un fabricant de lithium bientôt implanté dans le Nevada<sup>73</sup>. Profitant d'une visite diplomatique du chancelier allemand Olaf Scholz au Canada au mois d'août 2022, Volkswagen et Mercedes-Benz ont également conclu des accords avec le gouvernement fédéral canadien pour sécuriser leur approvisionnement en lithium, nickel, cobalt et graphite, disponibles en abondance dans l'Ontario<sup>74</sup>.

Une autre façon pour les constructeurs de garantir leurs ressources est d'entrer au capital d'entreprises en aval de la chaîne de valeur. Ainsi, en plus de son contrat d'approvisionnement, Stellantis est également devenu le deuxième actionnaire de Vulcan Energy<sup>75</sup>. Ces stratégies ne sont pas l'apanage des grands constructeurs, et d'autres acteurs intermédiaires font valoir leur position stratégique dans la chaîne de valeur. Ainsi, Plastic Omnium, leader mondial des pare-chocs et des réservoirs, va acquérir Actia Power, une branche du groupe toulousain Actia spécialisée dans la conception et la fabrication de batteries embarquées, d'électronique de puissance et de systèmes d'électrification destinés à la mobilité électrique des camions, bus, cars, trains et engins de chantier<sup>76</sup>.

### Le recyclage des batteries, un raccourci des chaînes de valeur encore lointain

Nouvelle frontière de l'électrification de la mobilité, le recyclage des batteries revêt un enjeu géostratégique supplémentaire dans le contexte concurrentiel international qui entoure l'approvisionnement en métaux<sup>9</sup>. Selon l'AIE, la capacité mondiale de recyclage des batteries s'établit en 2021 à 180 000 t/an, dont la moitié est répertoriée en Chine<sup>77</sup>. Le Japon, la France et l'Allemagne complètent l'essentiel des capacités de recyclage actuelles ou annoncées. Quoiqu'il en soit, la capacité mondiale de recyclage demeure nettement en deçà de ce qui est mis sur le marché, et demeure un parent pauvre des stratégies de régionalisation des filières industrielles. Dans le meilleur des scénarios, l'AIE estime que le recyclage permettra d'atteindre, par exemple, jusqu'à 12 % de la demande mondiale en cobalt et 5 % pour le lithium en 2040. Dans l'Union européenne, seuls 12 % de l'aluminium, 22 % du cobalt, 8 % du manganèse, 16 % du nickel et presque pas de lithium sont recyclés à l'heure actuelle<sup>78</sup>.

g Pour une analyse détaillée des capacités de recyclage des batteries, voir : « Le recyclage des batteries lithium-ion, nouvelle frontière de l'électrification de la mobilité », page 167 dans Observatoire de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteurs](#). *Climate Chance*

ENCADRÉ 3 • POUR MIEUX COMPRENDRE

## LES PROCÉDÉS DE RECYCLAGE DES BATTERIES LITHIUM-ION

Une opération de recyclage des batteries lithium-ion se compose de quatre étapes. La stabilisation vise à décharger le pack de batterie. Puis le prétraitement consiste à démonter le pack de batterie pour en isoler les modules. À l'issue de cette étape, les modules sont soit démontés, soit broyés avant une séparation des différents matériaux. Une « masse noire » (*black mass*) est alors obtenue, contenant le carbone hydrophobe et les oxydes de métaux hydrophiles. Deux procédés existent alors à ce stade pour le recyclage des batteries lithium-ion : l'hydrométallurgie et la pyrométallurgie. La pyrométallurgie est le plus courant et consiste sommairement à chauffer à haute température la batterie pour récupérer un alliage de métaux. Il s'agit d'une technique classique de recyclage des métaux qui a été adaptée aux batteries de véhicules électriques. Néanmoins le rendement de l'opération est limité, dans la mesure où il est difficile de retirer des alliages les métaux à haute valeur ajoutée comme le cobalt, le lithium, le nickel ou encore le manganèse. L'hydrométallurgie, une technique émergente, consiste à dissoudre la « masse noire » dans des bassins de solvants (lixiviation) qui vont permettre d'isoler les différents métaux recherchés. C'est donc dans cette dernière technique que les espoirs sont fondés pour permettre de remettre en circulation les minéraux stratégiques qui composent les batteries.

Source : [Culture Sciences Chimie](#), 2021

Dans le paysage international du recyclage des batteries lithium-ion, le Québec fait office de pionnier<sup>h</sup>. Profitant d'un mix électrique dominé à 95 % par l'hydroélectricité, la situation québécoise est propice à l'électrification des usages, et notamment du transport, qui représente 43 % des émissions de la province. La *Stratégie québécoise de développement de la filière batterie* vise à positionner le Québec parmi les leaders mondiaux sur l'ensemble des échelons de la filière, depuis l'extraction des minerais de ses riches sous-sols jusqu'à la fabrication des batteries, en passant par l'assemblage et la fabrication des anodes et cathodes. La jeune entreprise montréalaise Recyclage Lithion bénéficie de soutien du gouvernement provincial, qui en est actionnaire. Une usine de démonstration d'une capacité de 200 tonnes a vu le jour en 2020 à Anjou, dans un arrondissement de Montréal. Désormais, un site de broyage lithium-ion doit y voir le jour en 2023, d'une capacité de 7 500 tonnes de batteries/an, soit 25 000 VE. Recyclage Lithion a récemment levé 125 M\$CAN supplémentaires pour alimenter son plan d'investissement de 350 M\$CAN en cinq ans<sup>79</sup>. Li-Cycle, une autre entreprise canadienne basée à Toronto, très présente en Amérique du Nord, prévoit l'ouverture de deux usines de recyclage de batteries en Allemagne et en Norvège début 2023, et d'atteindre une capacité de recyclage de 65 000 t/an fin 2023<sup>80</sup>.

<sup>h</sup> Idem.

La demande en matière recyclée en Europe s'accroît en effet à mesure qu'ouvrent de nouvelles *gigafactories*. Northvolt a par exemple pris l'engagement d'atteindre 50 % de matières premières recyclées en 2030. La compagnie minière française Eramet et le géant des services urbains Suez jettent les bases d'un projet d'usine de recyclage de batteries en France à l'horizon 2024<sup>81</sup>, en même temps que BASF en Allemagne<sup>82</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Le rebond des ventes de véhicules automobiles observé en 2021 après l'effondrement provoqué par le Covid-19 poursuit la double tendance engagée depuis plusieurs années. D'une part, l'électrification des ventes de véhicules neufs continue sa course effrénée en Europe et en Chine : un véhicule sur cinq vendu dans le monde est désormais électrique rechargeable (BEV et PHEV). D'autre part, les SUV étendent leur conquête du marché et poussent à l'augmentation de la taille, du poids et de la consommation des véhicules : un véhicule sur deux vendu dans les grandes économies est un SUV, et les véhicules électriques n'échappent pas eux-mêmes à la tendance.**

**Cette double tendance se traduit matériellement par un besoin accru en métaux critiques. En particulier, les besoins en minerais indispensables à la production de batteries électriques (lithium, nickel, cobalt) intensifient la concurrence internationale. Constructeurs automobiles, fabricants de batteries, compagnies minières, États et gouvernements locaux se lancent alors dans une course folle à la sécurisation de leur approvisionnement en matières premières, dans un contexte de forte concentration des chaînes de valeur aux mains de quelques pays. Aux États-Unis et en Europe, la régionalisation et la relocalisation de la production de batteries et de minerais critiques se heurte à des oppositions locales, qui soulignent notamment les contradictions entre la constitution de filières industrielles bas carbone et la préservation de l'environnement. Il en va de même dans les pays émergents, où les politiques d'intégration verticale des chaînes de valeur capitalisant sur les ressources naturelles en minerais rencontrent des contestations. Enfin, la concentration des chaînes de valeur autour d'une poignée d'acteurs dominants en amont et en aval de la filière automobile se confirme.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 Enerdata, [Global Energy & CO<sub>2</sub> Database](#)
- 2 AIE (2021). [Tracking Transport 2021](#). Agence internationale de l'énergie
- 3 OICA (2022). [Global Sales Statistics 2019-2021](#). International Organization of Motor Vehicle Manufacturers
- 4 AIE (2022). [Global EV Outlook 2022](#). Agence internationale de l'énergie
- 5 ACEA (20/07/2022). [New car registrations by fuel type, European Union](#). European Automobile Manufacturers Association
- 6 Banerji, S. (06/01/2022). [Electric two wheelers register a staggering 132 % growth in 2021 but 2022 promises to be event better](#). Economic Times
- 7 Dalvi, A. (13/07/2022). [EVs account for 3.6 percent of two-wheeler sales in first half of 2022](#). Autocar India
- 8 Kamboj, P., Malyan, A., Kaur, H. et al. (2022). [India Transport Energy Outlook](#). Council on Energy, Environment and Water
- 9 Cozzi, L., Petropoulos, A. (21/12/2021). [Global SUV sales set another record in 2021, setting back efforts to reduce emissions](#). Agence internationale de l'énergie
- 10 Ibid.
- 11 Kane, M. (21/08/2021). [Electric cars from heaviest to lightest](#). InsideEVs
- 12 Ademe (2021). [Évolution de la masse moyenne – Véhicules particuliers neuf vendus en France](#).
- 13 Walton, E. (29/04/2021). [How much does a car weigh?](#) Autolist
- 14 Weiss, M., Cloos, K. C., Helmers, E. (2020). Energy efficiency trade-offs in small to large electric vehicles. *Environmental Sciences Europe*, vol. 32 (46)
- 15 AIE (2021). [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](#). Agence internationale de l'énergie
- 16 AIE (2022). *Global EV Outlook 2022*, op. cit.
- 17 Department for Business, Energy & Industrial Strategy, Department for Transport (up. 28/06/2022). [COP26 declaration on accelerating the transition to 100 % zero emission cars and vans](#). Government of United Kingdom
- 18 Karlamangla, S. (29/08/2022). [What to Know About California's Ban on New Gasoline-Powered Cars](#). The New York Times
- 19 Melillo, G. (30/08/2022). [Several states will follow California's lead in banning gas-powered car sales by 2035](#). The Hill
- 20 Dow, J. (01/04/2022). [Canada's new 2035 gas car ban may not actually ban gas cars](#). Electrek
- 21 Ministerio de Energia, Gobierno de Chile (15/10/2021). [Lanzamiento Estrategia Nacional de Electromovilidad : Gobierno anuncia que al 2035 se venderán solo vehículos eléctricos en Chile](#). energia.gob.cl
- 22 Abnett, K. (08/06/2022). [EU lawmakers back ban on new fossil-fuel cars from 2035](#). Reuters
- 23 [REGULATION \(EU\) 2019/631 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2019 setting CO<sub>2</sub> emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations \(EC\) No 443/2009 and \(EU\) No 510/2011](#)
- 24 Tietge, U., Dornoff, J., Mock, P., Diaz, S. (2022). [CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in Europe : Car manufacturers' performance in 2021](#). The International Council on Clean Transportation
- 25 European Commission (n.d.). [CO<sub>2</sub> emission performance standards for cars and vans](#). ec.europa.eu
- 26 Mock, P., Tietge, E., Wappelhorst, S., Bieker, G., Dornoff, J., Bernard, M.R. (01/09/2021). [Market monitor : European passenger car and light-commercial vehicle registrations, January-July 2021](#). The International Council on Clean Transportation
- 27 White, E., Li, G., Jung-a, S. (05/07/2022). [Warren Buffett-backed Chinese group BYD overtakes Tesla in global electric vehicle sales](#). Financial Times
- 28 BYD (24/03/2022). [BYD and Shell partner on EV charging across China and Europe](#). BYD
- 29 Corporate Electric Vehicle Alliance (20/01/2022). [Major companies with large fleets release new electric vehicle 'blueprint' for car and truck...](#) Ceres
- 30 EV100 (2022). [EV100 Progress and Insights Report 2022](#). Climate Group
- 31 Reuters (12/07/2022). [Brazilian ride-hailing app 99 to test electric car with China's BYD](#). Reuters
- 32 Lazer, L., Wachche, S., Sclar, R., Cassius, S. (2021). [Electrifying Ride-Hailing in the United States, Europe, and Canada : How to Enable Ride-Hailing Drivers to Switch to Electric Vehicles](#). World Resources Institute
- 33 Bellon, T. (27/10/2021). [Uber partners with Hertz to offer 50,000 Tesla rentals to U.S. ride-hail drivers](#). Reuters
- 34 Marshall, A. (22/03/2022). [California's Plan to Electrify Uber and Lyft Doesn't Add Up](#). Wired
- 35 Trudell, C. (05/05/2022). [Uber's Push to Electrify London Turns Former Foes Into Partners](#). Bloomberg
- 36 Hampel, C. (04/04/2022). [Uber expands EV options to the whole of London](#). Electriv
- 37 Roy, S. (14/03/2022). [Delhi : How ride-hailing startups with electric vehicle-only](#). The Times of India
- 38 AIE (2022). *Global EV Outlook 2022*, op. cit.
- 39 Ibid.
- 40 Reuters (22/11/2021). [UK to require charge points for electric vehicles in new buildings](#). Reuters
- 41 Williams, A. (24/07/2022). [US states divided over petrol stations as LA considers ban on new pumps](#). Financial Times
- 42 Rezvani, A. (19/08/2022). [What the Inflation Reduction Act means for electric car buyers and auto companies](#). NPR
- 43 Yu, A., Sumangil, M. (16/02/2021). [Top electric vehicle markets dominate lithium-ion battery capacity growth](#). S&P Global Market Intelligence
- 44 Choo, C. (03/06/2022). [Global EV battery makers raise output by 83 % on year in January-April : SNE Research](#). S&P Global
- 45 BNEF (30/11/2021). [Battery Pack Prices Fall to an Average of \\$132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite](#). BloombergNEF
- 46 Lienert, P., Carey, N. (20/04/2022). [Analysis : Soaring battery costs fail to cool electric vehicle sales](#). Reuters
- 47 AIE (2021). [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](#). Agence internationale de l'énergie
- 48 Plautz, J. (15/02/2022). [DOE makes \\$3.1B available for battery manufacturing incentives](#). Utility Dive
- 49 Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (23/02/2022). [European Battery Alliance moves ahead : new European Battery Academy launched to boost skills for fast-growing battery ecosystem in Europe](#). Commission Européenne
- 50 Feitz, A. (10/07/2022). [En Europe, la course aux gigafactories](#). Les Échos
- 51 Northvolt (29/12/2021). [Northvolt assembles first lithium-ion battery cell at Swedish Gigafactory](#). Northvolt
- 52 Northvolt (22/06/2022). [Europe's first homegrown gigafactory delivers](#). Northvolt
- 53 Feitz, A. (10/07/2022). [Volkswagen : coup d'envoi d'une offensive massive dans les batteries](#). Les Échos
- 54 Graupner, H. (22/03/2022). [Tesla's first European Gigafactory opens near Berlin](#). Deutsche Welle
- 55 DoE (20/12/2021). [FOTW #1217, December 20, 2021 : Thirteen New Electric Vehicle Battery Plants Are Planned in the U.S. Within the Next Five Years](#). Department of Energy
- 56 Kane, M. (24/05/2022). [Stellantis And Samsung SDI To Build Battery Gigafactory In Indiana](#). InsideEVs
- 57 Reuters (20/08/2022). [Honda Motor, LG Energy to build \\$4.4 bln U.S. EV battery plant](#). Reuters
- 58 BP (2021). [Statistical Review of World Energy](#). British Petroleum
- 59 Williams, A. (10/05/2022). [Powering electric cars : the race to mine lithium in America's backyard](#). Financial Times
- 60 Reyes, C. (23/08/2022). [Nace la empresa Litio Para México; Diario Oficial publica el decreto](#). El Universal

- 61 Ekonid Insight (01/04/2021). [Indonesia launches Indonesia Battery Corporation](#). Perkumpulan Ekonomi Indonesia-Jerman
- 62 Gupta, K. (30/03/2022). [Indonesia's claim that banning nickel exports spurs downstreaming is questionable](#). The Conversation
- 63 Lipton, E., Searcey, D. (28/02/2022). [Chinese Company Removed as Operator of Cobalt Mine in Congo](#). The New York Times
- 64 Searcey, D., Forsythe, M., Lipton, E. (20/11/2021). [A Power Struggle Over Cobalt Rattles the Clean Energy Revolution](#). The New York Times
- 65 Yu, S., Mitchell, T. (23/12/2021). [China merges 3 rare earths miners to strengthen dominance of sector](#). Financial Times
- 66 Dunai, M., Hume, N. (20/01/2022). [Serbia pulls plug on planned Rio Tinto lithium mine](#). Financial Times
- 67 Morel, S. (04/02/2022). [La fièvre du lithium gagne le Portugal](#). Le Monde
- 68 Collet, V. (26/02/2022). [Finistère : 600 personnes contre une exploitation de lithium à Tréguennec](#). Le Figaro
- 69 Jong, H. N. (09/02/2022). [In Indonesia, a 'devious' policy silences opposition to mining, activists say](#). Mongabay
- 70 Stone, M. (28/10/2021). [Native opposition to Nevada lithium mine grows](#). Grist
- 71 Thoin-Bousquié, J. (29/11/2021). [Stellantis va se fournir en lithium made in Allemagne auprès de Vulcan Energy pour ses batteries](#). L'Usine Nouvelle
- 72 Randall, C. (03/06/2022). [Stellantis is buying lithium from California](#). Electrive
- 73 Boudette, N. E. (21/07/2022). [Ford increases its battery supply to meet its electric-vehicle goals](#). The New York Times
- 74 CBC News (23/08/2022). [Agreement with German automakers 'unprecedented' for Canada, says auto industry insider](#). CBC
- 75 Stellantis (24/06/2022). [Stellantis Expands Relationship with Vulcan Energy Becoming Shareholder in Decarbonized Lithium Company](#). Stellantis
- 76 AFP (27/06/2022). [Plastic Omnium va acquérir une branche d'Actia, dédiée notamment à la fabrication de batteries électriques](#). Connaissance des énergies
- 77 Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., et al. (2020). [Minerals for Climate Action : The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition](#). Banque mondiale
- 78 Parlement européen (2021). [Briefing. New EU regulatory framework for batteries. Setting sustainability requirements](#). europarl.europa.eu
- 79 Tomesco, F. (24/01/2022). [Lithion Recycling raises \\$125 million, moves closer to recycled battery production](#). Montreal Gazette
- 80 Lazzaro, N. (14/06/2022). [Li-Cycle to reach 65,000 mt battery recycling capacity by end-2023](#). S&P Global
- 81 Reuters (16/03/2022). [Framet, Suez eye EV battery recycling in France by 2024](#). Reuters
- 82 Lewis, M. (20/06/2022). [BASF is going to build a commercial battery-recycling, black-mass plant](#). Electrek



TENDANCES  
AVIATION

# Le trafic aérien redécolle, la transition reste sur le tarmac

OPHÉLIE CUVILLARD • Assistante de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

ANTOINE GILLOD • Directeur, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

Après une pandémie qui a paralysé le secteur aérien, comme jamais il ne l'avait expérimenté, les compagnies aériennes et les aéroports ont presque retrouvé le trafic des vols de 2019. Si des différences régionales et intra-sectorielles sont à souligner, le trafic aérien est en bonne voie de retrouver son niveau de 2019 et de le dépasser dès 2023. Alors que le secteur se prépare à la croissance exponentielle de la demande à venir, la crise énergétique est venue souligner la non-pérennité d'un carburant basé sur les énergies fossiles. Pour concilier les enjeux géopolitiques et écologiques, la décarbonation du carburant et des activités aériennes apparaissent comme la stratégie favorisée, davantage que le report modal de la demande.



## PANORAMA DES DONNÉES

### Malgré des perturbations, un redécollage réussi pour le trafic aérien

Depuis les années 2000, les vols commerciaux ont connu une croissance de 5 % par an en moyenne, conduisant à une augmentation annuelle de 2 % des émissions de CO<sub>2</sub><sup>1</sup>. Avec 905 mégatonnes de CO<sub>2</sub>, les émissions du secteur étaient deux fois plus importantes en 2019 qu'elles ne l'étaient en 2000. Elles génèrent 2,8 % des émissions annuelles mondiales – mais participent à plus de 3 % du forçage radiatif<sup>a</sup> – et 10,9 % des émissions du secteur du transport, plaçant le sous-secteur de l'aviation en seconde position après le secteur routier<sup>2</sup>. Si le secteur aérien a dû faire une inversion de poussée en 2020 avec la crise du Covid-19, il reprend de la vitesse depuis la réduction des restrictions à la mi-2021. 2022 confirme la reprise de l'activité du secteur étant donné que le retour au niveau de fréquentation de 2019 est attendu dès 2023<sup>3</sup> alors qu'il était seulement prévu en 2024 l'an dernier<sup>4</sup>. « Le secteur aérien est résilient et en plein essor. »<sup>5</sup>, telle est l'amorce du nouveau rapport de l'Association des Transports Aériens (IATA). Le trafic total de juillet 2022 est à 74,6 %<sup>6</sup> de son niveau en juillet 2019. Les émissions sont également reparties à la hausse : après avoir chuté de 905 MtCO<sub>2</sub> en 2019 à 495 Mt en 2020, elles sont remontées à 577 Mt en 2021 et sont attendues à 809 Mt en 2022<sup>7</sup>. Les pertes de l'industrie sont passées de 137,7 Md\$ en 2020 à 42,1 Md\$ en 2021 et devraient se limiter à 9,7 Md\$ en 2022. Si toutes les régions ont vu leur performance financière s'améliorer, seule l'Amérique du Nord présente une marge positive en 2022<sup>8</sup>.

La relance du trafic a été portée par la reprise domestique (les vols domestiques en juillet 2022 sont à 86,9 % de leur niveau en juillet 2019) mais est rattrapée par la hausse des vols internationaux (ils étaient en juillet 2022 à 67,9 % de leur niveau en juillet 2019). L'impact des vols domestiques avait été moins important que l'impact sur les vols internationaux : le trafic aérien international de passagers avait chuté de 74 % sur l'ensemble de l'année 2020 (jusqu'à 98 % en avril), quand les vols domestiques avaient enregistré une baisse de 49 %. En 2022<sup>9</sup>, la répartition régionale de l'activité aérienne enregistre des changements notables par rapport à 2019<sup>10</sup>. L'Asie Pacifique passe de 34,7 à 27,5 % du marché, l'Europe de 26,8 à 25 %, le Moyen-Orient de 9 à 6,5 %, et l'Afrique de 2,1 à 1,9 %. Deux régions voient leur part augmenter : l'Amérique latine passe de 5,1 % à 6,6 % et surtout, l'Amérique du Nord passe de 22,3 à 32,6 %. Ces changements s'expliquent en partie par la reprise plus lente de la région Asie-Pacifique (FIG. 1), en raison des restrictions sanitaires qui sont encore en place en Chine.

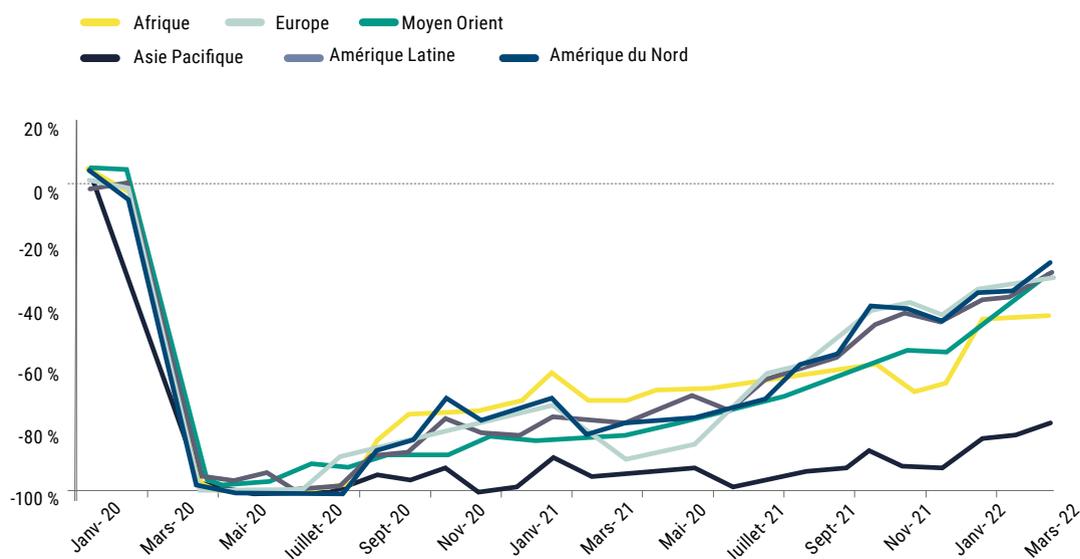
En arrière-plan, la pandémie a constitué une opportunité permettant à de nouvelles compagnies aériennes de franchir les barrières d'entrée du marché. Une étude académique montre qu'à la suite des crises les plus graves pour le secteur ces vingt dernières années – après les attentats du 11 septembre, la crise de 2007 et de 2010 en Europe – le secteur de l'aviation en est à chaque fois ressorti plus fort<sup>11</sup>. Selon cette étude, la pandémie – ou celles à venir – pourrait devenir une aubaine pour les startups dans le secteur de l'aviation, d'abord pour leur plus grande flexibilité face à la demande. La pandémie a aussi généré des perturbations dans la répartition de la main d'œuvre opérationnelle – pilotes, hôtesses de l'air, etc – qui est alors plus à même d'accepter de nouveaux postes.

<sup>a</sup> Le forçage radiatif représente l'équilibre dans l'atmosphère causé par l'énergie reçue par la terre et renvoyée par elle. La concentration des gaz à effet de serre renforce cette action physique, à l'origine du réchauffement climatique. ...

**FIGURE 1**

**VARIATION D'UNE ANNÉE PAR RAPPORT À L'AUTRE DES KILOMÈTRES-PASSAGERS PAYANTS (RPKs) INTERNATIONAUX**

Source : IATA, 2022



Sachant que les startups parviennent en général à s'installer sur des marchés fermés grâce à de nouvelles technologies, la pandémie leur permet également d'avoir plus de marges de manœuvre en termes d'investissement comparativement aux compagnies endettées. D'autres raisons liées à la perturbation du marché sont mises en avant dans l'étude. Sur les 46 startups de compagnies aériennes analysées durant la pandémie, la majorité est localisée en Europe, est low-cost et désignée pour des trajets régionaux ou domestiques. La typologie de ces compagnies naissantes montre aussi qu'elles s'imposent sur le marché, non pas avec des nouvelles technologies vertes, mais grâce à l'offre de vols supplémentaires à moindre coût qu'elles permettent. Bien que des premiers succès aient été annoncés dès juin 2021, leur futur n'est pas encore assuré.

Le fret aérien est à contre-courant de la tendance récente du secteur, dans la mesure où il a dépassé son niveau de mai 2019 dès mai 2021, porté par une augmentation de 9,4 % de la demande mondiale<sup>12</sup> (mesurée en tonnes-kilomètres de fret – CTks) dont 4,6 % ont été assurés par des avions-cargos américains<sup>13</sup>. L'activité des vols de fret a en effet contribué à plus de deux-tiers des revenus du secteur, en générant 155 Md\$, soit plus du double de sa contribution en 2020<sup>14</sup>. Néanmoins, les vols de marchandises ont baissé de 10,2 % comparativement à leur niveau en juillet 2021, et de 3,5 % par rapport à leur niveau en 2019<sup>15</sup>, à la suite d'une baisse des exportations (elles reprennent en Chine depuis juin 2022) et de la guerre en Ukraine. L'Europe est ainsi la région la plus touchée avec une diminution de plus de 11 %<sup>16</sup> de sa capacité de fret en mars 2022 par rapport à mars 2021. Mais le fret aérien a de beaux jours devant lui : Boeing prévoit une flotte d'avions cargo

70 % plus importante en 2040, comparativement au niveau de 2019, en partie pour répondre à la hausse du commerce en ligne. En outre, bien que représentant une partie minime (1 %<sup>17</sup> du fret mondial), le fret aérien a été marqué par une augmentation de sa compétitivité vis-à-vis du fret maritime<sup>18</sup> de mai 2020 à mars 2022 (CF. TENDANCE « MARITIME »)<sup>b</sup>.

Les carnets de commande repartent mais les constructeurs doivent composer avec une chaîne d'approvisionnement secouée. Airbus et Boeing présentent, avec respectivement 771 et 909 commandes en 2021, des carnets de commande qui reviennent à la moyenne de la décennie avant la pandémie. À la fin du mois d'août 2022, les deux constructeurs d'avions majeurs présentaient déjà 843 (Airbus)<sup>19</sup> et 446 (Boeing) nouvelles commandes, suivant la tendance de 2021. Si l'industrie a vu ses coûts en carburants diminuer drastiquement en juillet 2020, ils sont repartis à la hausse depuis, jusqu'à atteindre plus de 155\$ le baril pour le kérosène<sup>c</sup> en avril 2022, ce qui n'était pas arrivé depuis la crise financière de 2008. Toutes les compagnies aériennes ne sont pas impactées de la même manière par ces augmentations, en raison de couvertures financières différentes, ce qui a permis aux compagnies aériennes américaines d'en être particulièrement protégées<sup>20</sup>. En plus des coûts opérationnels en surchauffe avec l'augmentation des coûts du carburant, l'offre est saturée par la pression opérée par la demande et par les nombreuses perturbations sur la chaîne d'approvisionnement. L'inflation portant sur les matières premières pour la construction des appareils (aluminium, nickel, cobalt, magnésium) constitue un coût supplémentaire, et les difficultés rencontrées par les chaînes d'approvisionnement des composants électroniques n'ont pas épargné les constructeurs aériens<sup>21</sup>. Les délais de

<sup>b</sup> La variation sur un an compare une valeur à deux dates, généralement distantes d'un an – ou séparées d'un trimestre (variation d'un trimestre sur l'autre) – elle diffère donc de la variation annuelle qui analyse la variation sur une même année. (source : Insee)

<sup>c</sup> Le prix du kérosène est légèrement supérieur au baril de pétrole brut.

livraisons prennent donc du retard, accentué par la pénurie de main-d'œuvre du secteur<sup>22</sup>. Le conflit armé en Ukraine n'a pas aidé à apaiser les tensions sur l'approvisionnement, puisque la Fédération de Russie est le troisième producteur mondial d'aluminium et de nickel et le deuxième pour le cobalt et le magnésium. Les interdictions de survol du territoire russe conduisent aussi les avions à faire des détours importants, nécessitant plus de carburants<sup>23</sup>.

La pandémie de Covid-19 et la crise énergétique en Europe ont perturbé la croissance linéaire poursuivie par le trafic aérien depuis les années 2000, mais elles sont aussi des catalyseurs pour sa transition dans les années à venir. Les compagnies aériennes, sujettes à diverses critiques de la société civile, misent des technologies de rupture pour offrir des avions « zéro émissions ». Mais la course aux biocarburants pose des enjeux écologiques, un déplacement des dépendances stratégiques et une attente à 2035-2040 pour leur mise en opération. D'ici là, les émissions des vols sont censées être compensées mais CORSIA, le système international de compensation, rencontre ses limites avant même de commencer. La solution de la réduction du trafic fait débat en se définissant à *contrario* des objectifs économiques des parties prenantes du secteur – compagnies, aéroports, constructeurs.



## L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

### La reprise du trafic plus rapide que la décarbonation du secteur

#### Le départ de CORSIA retardé, la compensation au point d'arrêt

L'accord de Paris en 2015 a prévu des mesures nationales spécifiques pour les émissions générées par l'aviation domestique, dans le cadre d'application de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Cependant, seules 6 %<sup>24</sup> des contributions déterminées au niveau national (CDN) qui désignent explicitement des modes de transport, ont identifié l'aviation comme étant un secteur d'atténuation des émissions de carbone (contre 5 %<sup>25</sup> en 2016). Afin de compenser l'absence des vols internationaux dans l'accord de Paris, alors qu'ils représentent environ 65 % des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a lancé en 2016 le programme de compensation carbone international, CORSIA (*Carbon Offsetting Scheme for International Aviation*). Ce programme prévoyait la possibilité pour les compagnies aériennes de compenser leurs émissions annuelles dépassant la moyenne de celles des années 2019 et 2020, par l'achat de crédits carbone. Cependant, à la suite de la crise du Covid-19 et de la baisse des émissions en 2020, le Conseil de l'OACI a décidé en juin 2020 d'activer une clause de sauvegarde contenue dans l'ac-

cord CORSIA permettant de modifier le seuil de référence du programme de compensation, retenant désormais la seule année 2019 comme référence pour la phase pilote. Si CORSIA était déjà soumis à diverses critiques, la mise en place de cette mesure rend caduque la phase pilote de 2021 à 2023 où les émissions ne devraient pas dépasser celles de 2019<sup>26</sup>. En juin 2022, le conseil de l'OACI a décidé que la base retenue pour la première (2024-2026) et la deuxième phase (2027-2035)<sup>d</sup> sera équivalente à 85 % des émissions de 2019<sup>27</sup>. Parmi les autres critiques adressées à CORSIA : la base du volontariat pendant la phase pilote et la première phase qui ne permet de compenser que les vols entre les pays volontaires<sup>e</sup>, le risque d'excès d'offre de crédits carbone par rapport à la demande, tirant vers le bas leur prix et leur efficacité et le risque de « double comptage » des réductions des émissions globales<sup>28</sup>. Restent les critiques accordées à l'efficacité des mesures de compensation carbone mises en place.

Dans le cadre du nouveau plan de route européen « Fit for 55 », une nouvelle révision du Parlement européen souhaite intégrer le système CORSIA dans l'UE SEQUE<sup>29</sup>. Depuis 2012, avant la naissance de CORSIA, le système de quotas d'émissions européen, l'UE SEQUE (*European Emissions Trading System*) intègre les activités aériennes domestiques. Les membres de l'UE sont pour la plupart réticents au programme international CORSIA, dont ils pensent qu'il sera moins efficace que le système européen et dans la mesure où CORSIA n'implique pas de sanctions alors que le marché européen prévoit des pénalités financières en cas de non-respect des quotas à substituer en fin d'année. Le marché carbone européen, lancé en 2005, fonctionne à partir d'échanges de quotas d'émissions entre les acteurs des industries les plus polluantes alors que le programme CORSIA implique un seuil d'émissions au-delà duquel les compagnies devront compenser les émissions supplémentaires. L'UE SEQUE a donc exclu la compensation de son champ d'action en 2020. CORSIA a pour but de compenser les émissions des vols internationaux, qui représentent la majorité des émissions du secteur (60 %<sup>30</sup> en 2019) et non couvertes par le marché carbone européen qui ne traite que les vols à destination ou au départ de l'Espace Economique Européen (EEE). CORSIA s'applique donc pour tous les vols à destination de l'EEE ou en dehors de celui-ci, pour les pays participant au programme. Comme CORSIA a été défini pour les vols internationaux, son scope d'application chevauche celui des vols internationaux entre les pays de l'EEE. Les compagnies aériennes de cet espace seront donc soumises aux deux législations, dès que les émissions atteindront celles de 2019, lançant l'application de CORSIA.

Une étude a évalué que le système européen EU ETS n'avait permis de réduire la croissance des émissions issues de l'aviation que de 3 Mt CO<sub>2</sub> par an entre 2010 et 2016 sans obtenir de réduction absolues des émissions<sup>31</sup>. L'efficacité du système européen augmente légèrement si on prend seulement en compte les vols courts ou les vols *low-cost* en passant d'une

d C'est à partir de cette phase que le système deviendra obligatoire.

e Au 1<sup>er</sup> janvier 2022, 107 pays sur les 193 membres de l'OACI étaient volontaires et huit autres se sont portés volontaires courant 2022, portant leur nombre à 115 pour 2023. Sont toujours absents, la Russie, la Chine, l'Inde et le Brésil.

réduction de 4,7 % en général à 10-11 %. L'étude a fait le rapprochement entre cette réduction annuelle de la croissance des émissions avec la réduction des vols annuels sur la même période (-4,9 %), « indiquant que le principal canal par lequel la tarification du carbone opérant était la réduction de la production, en opposition à l'amélioration de l'efficacité des appareils ». La limite de l'efficacité du système européen sur cette période est aussi à analyser au regard du faible prix de la tonne carbone, qui tournait autour de 5 € par tonne quand la moyenne actuelle est de 80 € la tonne. Si l'ambition de CORSIA, notamment depuis le changement d'année de référence, a été remise en question par l'Union européenne dans une étude publiée en septembre 2020<sup>32</sup>, le Haut Conseil pour le Climat en France soulignait en 2020 que l'aviation était le seul secteur soumis à l'UE SEQUE pour lequel les émissions continuaient d'augmenter (5 % en 2019<sup>33</sup>). Les deux systèmes font donc l'objet de critiques, qu'ils se livrent entre eux ou qui leur sont adressées par les acteurs extérieurs. Les compagnies aériennes sont réticentes à un chevauchement des deux systèmes parce qu'elles ne souhaitent pas être soumises à différentes législations. Malgré des intérêts contraires, les organisations de lutte contre le changement climatique ne sont pas favorables non plus aux deux systèmes *in situ* à la vue de résultats de réduction d'émissions bien en deçà de l'augmentation du trafic. Cependant, une étude menée par Carbon Market Watch a montré que l'efficacité en termes de réduction des émissions seraient plus importantes si le système européen couvrait tous les vols au départ et à destination de l'EEE au lieu de reposer sur CORSIA pour les vols en dehors de l'EEE<sup>34</sup>. Les deux systèmes restent intrinsèquement différents ; en tant que système de compensation, CORSIA permet par exemple de contribuer à des projets à co-bénéfices environnementaux.

En réponse à ces limites, certains pays, aéroports et compagnies aériennes ont mis en place des initiatives parallèles pour compenser leurs émissions de CO<sub>2</sub> mais une étude d'octobre 2022 conduite par Okö Institute et commandée par Carbon Market Watch déplore la qualité environnementale et l'effectivité compensatoire des crédits carbone achetés par les compagnies aériennes<sup>35</sup>. « Le prix carbone » est un outil complémentaire des marchés carbone de compensation qui s'instaurent *a posteriori*. La compensation volontaire repose sur des crédits octroyés par des labels locaux ou internationaux. Les compagnies aériennes peuvent proposer aux passagers de payer un « prix carbone » en plus de leur prix de vol. Néanmoins, la participation varie fortement selon les compagnies et pour celles qui proposent ce choix aux passagers, seul 1 %<sup>36</sup> d'entre eux le prennent. La compensation carbone volontaire est critiquée parce qu'elle fait peser le poids des émissions sur le consommateur mais est aussi présentée comme un outil complémentaire efficace pour réguler la demande à venir. L'étude menée par Okö Institute sur huit compagnies majeures européennes montre le manque de transparence et d'ambition sur les actions de compensation volontaires qu'elles revendiquent. Sur les huit, seules trois fournissaient *a posteriori* des résultats sur les émissions évitées grâce au prix carbone et seule Easyjet compensait effectivement toutes ses émissions. Le coût du prix de la tonne de carbone compensée variait aussi de 9 à 30 € selon les compagnies

et le prix payé par les passagers pour la tonne compensée pouvait être quatre fois supérieur à celui payé par la compagnie en tant que société.

La compensation carbone internationale est nécessaire aux compagnies pour atteindre leurs objectifs de neutralité carbone sans compromettre la multiplication par trois du trafic attendue à l'horizon 2050. La compagnie britannique Easyjet a néanmoins annoncé son choix d'abandonner ce levier et de ne se focaliser que sur l'amélioration de l'intensité carbone<sup>37</sup>. Cette nouvelle feuille de route passe par l'arrêt de son système de compensation à partir du 31 décembre 2022 avec des exceptions jusqu'en septembre 2023. Le programme a permis à Easyjet de compenser plus de 8 MtCO<sub>2</sub> depuis son lancement en novembre 2019 mais représente des coûts pour la compagnie, qui annonce préférer allouer ces montants à des actions de réduction. Easyjet souhaite donc miser sur les biocarburants, le renouvellement de sa flotte, l'intégration de logiciels d'optimisation des trajectoires et sur la participation de projets futures comme les moteurs à hydrogène ou le captage de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Si les objectifs de cette nouvelle feuille de route sont plus ambitieux qu'avant, la focalisation sur l'intensité des émissions ne permet qu'une baisse relative des émissions (par chiffre d'affaire ou par passager-kilomètre), quand bien même les émissions totales de l'entreprise continueraient d'augmenter.

#### **Pour répondre à la demande, les compagnies font tapis sur la neutralité carbone et les innovations technologiques**

L'assemblée générale trisannuelle de l'OACI, s'est mise d'accord sur un objectif de neutralité carbone du secteur pour 2050, à la suite de la rencontre qui s'est déroulée du 27 septembre au 7 octobre 2022<sup>38</sup>. Le discours d'ouverture souligne le pari du secteur sur les nouvelles technologies et sur les biocarburants pour atteindre ces objectifs. S'inscrivent aussi à l'agenda, la considération de la « durabilité » (*sustainability*) des mesures défendues et la réflexion concernant l'optimisation des routes et du trafic aériens. L'heure est aux promesses de neutralité carbone, mais les résultats ne suivent pas toujours. Une étude publiée en mai 2022 par l'ONG Possible conclut par exemple que seule une des 50 compagnies aériennes britanniques a atteint les objectifs qu'elle s'était fixé depuis les années 2000<sup>39</sup>.

Les politiques visant à favoriser la croissance de la production des carburants sont des mesures de niche : à la fin de l'année 2021, trois pays (Finlande, Indonésie et la Suède) présentaient des objectifs concernant spécifiquement les biocarburants dans le secteur de l'aviation<sup>40</sup>. En parallèle, depuis 2020, de nombreux États européens ont modifié leur législation dans le but d'accélérer la transition vers les biocarburants pour le secteur aérien. Alignée sur la feuille de route européenne proposée dans la réglementation « Fit for 55 », la France exige par exemple depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2022 que les avions qui se ravitaillent en carburant sur le territoire utilisent au moins 1 % de SAF (puis 2 % en 2025, 5 % en 2030 et 50 % en 2050)<sup>41</sup>. ReFuelEu<sup>42</sup> prévoit aussi d'éviter de surcharger les avions et de ne les ravitailler qu'avec le carburant nécessaire pour le vol et incite les aéroports européens à adapter leurs infrastructures pour les carburants alternatifs. Selon l'IATA, les compagnies ont acheté tout le stock de biocarburants – ou *Sustainable*

Aviation Fuels (SAF) – disponible en 2021 et ont passé des contrats d'achat futur pour 17 Md\$<sup>43</sup>.

L'Europe avait lancé son programme Destination 2050, qui prévoyait la décarbonation du secteur corrélée avec une croissance du trafic de 1,4 % par an<sup>44</sup>. L'initiative conjointe « Aviation propre » (*Clean Aviation*) a également rejoint en 2022 l'Alliance pour l'Aviation Zéro-Emission (AZEA pour *Alliance for Zero-Emission Aviation*). À la suite de Clean Sky 1 et 2, Clean Aviation est un partenariat public-privé entre la Commission européenne et l'industrie aéronautique européenne ayant pour but de décarboner le secteur aérien. Le premier appel à projet de Clean Aviation a été lancé en 2022. Les acteurs du programme soulignent qu'il vise aussi à adapter les infrastructures d'aéroports étant donné que l'hydrogène prend trois fois plus<sup>45</sup> de volume que le kérosène pour la même capacité énergétique par exemple. AZEA est constituée de 74 parties prenantes de l'ensemble du secteur aérien et a pour but de développer la recherche et la mise en place de modèles d'avions à hydrogène ou à moteurs électriques<sup>46</sup>.

L'association des compagnies de la région Asie-Pacifique (AAPA) a annoncé en septembre 2021 s'engager pour la neutralité carbone en 2050. Certaines des quinze compagnies s'y étaient déjà engagées mais l'AAPA souhaitait le généraliser. Ces stratégies reposent massivement sur la substitution des carburants fossiles, que ce soit via des biocarburants – sachant que la région de l'Asie-Pacifique devrait constituer 40 % de la demande globale de biocarburants<sup>47</sup> – ou des solutions plus à la marge comme les e-carburants<sup>f</sup> (*electrofuels*) ou les moteurs hybrides et électriques. L'AAPA a néanmoins souligné dès l'accord que les solutions à hydrogène et électriques n'étaient pas adaptées au marché asiatique, où les vols excèdent en général 1 500 km, dépassant les capacités des moteurs électriques et à hydrogène existants.

L'OACI a publié la seconde édition de la définition des « critères de durabilité »<sup>48</sup> (*Sustainability Criteria*) pour les biocarburants en novembre 2021. Les compagnies aériennes qui utiliseront les carburants respectant ces critères pourront « prétendre à des réductions des exigences de compensation carbone CORSIA qui leur sont applicables »<sup>49</sup>. Ces critères reposent sur la qualité des SAF – vis-à-vis de nombreux objectifs. Ils seront applicables à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2024, soit la fin de la phase pilote pendant laquelle seule la première édition est en vigueur. La seconde édition est plus détaillée que la première en intégrant douze thèmes différents, quand la première en contenait deux : les gaz à effet de serre (GES) et les puits de carbone. Les « carburants éligibles au programme CORSIA » doivent par exemple, pour respecter le critère des GES, générer moins d'émissions sur leur cycle de vie et pour respecter celui des puits de carbone, ne doivent pas avoir été produits à partir d'une biomasse provenant d'un sol avec un haut potentiel de séquestration carbone. À partir de 2024, ils devront donc aussi respecter des critères portant sur : l'eau,

la santé des sols, la qualité de l'air, la conservation de la biodiversité, la promotion de la gestion des déchets, les droits humains, les droits de l'usage des sols, les droits d'accès à l'eau, le développement local et social et la sécurité alimentaire. Ces nouveaux thèmes intègrent davantage d'impacts des biocarburants et les Objectifs de Développement Durable (ODD), répondant aux critiques croissantes à leur égard pour leurs externalités négatives sur l'environnement<sup>50</sup>. En rentrant en compétition avec l'agriculture, l'augmentation de la demande des biocarburants pourrait engendrer l'augmentation du prix des produits alimentaires de base<sup>51</sup>. Le respect de ces critères sera certifié par le *Sustainability Certification Scheme*, méthodologie de l'OACI. La compagnie American Airlines a reçu la première certification CORSIA sur les biocarburants en juillet 2022<sup>52</sup> en utilisant ceux produits par le producteur finlandais Neste à l'aéroport de San Francisco. Neste, un des producteurs phares de SAF, tente de recevoir en parallèle la certification internationale de durabilité et de carbone allemande – *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC). La société annonce que ses biocarburants réduisent de 80 % les émissions de GES habituelles.

Depuis 2011 et le premier vol opéré par KLM, 443 512 vols<sup>53</sup> commerciaux ont volé avec des SAF (342 256 vols en juin 2021) mais aucun avion ne carbure 100 % grâce à eux. Les biocarburants sont utilisés en substitution du kérosène, jusqu'à représenter 50 % du carburant d'un avion, aux côtés du kérosène fossile. Le kérosène est une source brute d'hydrocarbure, tandis que les biocarburants sont dérivés de la biomasse, des déchets organiques et d'autres sources végétales et ces derniers ne sont pas encore au point pour fonctionner de manière autonome<sup>54</sup>. Leur coût, trois à quatre fois plus important que le carburant conventionnel pour l'instant, limite aussi leur utilisation. Plusieurs organisations tentent de les améliorer pour atteindre des vols fonctionnant totalement avec des SAF, en passant par le développement de leur production locale. Japan Airlines (JAL) a réussi son premier vol commercial utilisant des SAF produits au Japon en février 2021<sup>55</sup> en plus du kérosène. TotalEnergies a lancé sa propre production en France et a commencé à fournir des aéroports français avec ses carburants alternatifs avec un premier vol commercial les intégrant en juin 2021<sup>56</sup>. Surtout, ses carburants alimentent le programme collaboratif français Vol Avec Carburants Alternatifs Nouveaux (VOLCAN) – incluant Airbus, Safran et Dassault – lancé à la fin de l'année 2021. Le programme est financé par le plan de relance du secteur à la sortie de la pandémie qui prévoit 1,5 Md€ sur trois ans pour des recherches sur l'avion décarboné. Si le projet a vu un premier vol d'Airbus 100 % SAF décoller en octobre 2021, les essais devraient continuer jusqu'en 2023<sup>57</sup>. Pour évaluer l'impact de ces premiers vols « non mélangés », l'Airbus sera suivi par un « avion-renifleur » pour mesurer ses émissions<sup>58</sup>.

Malgré les multiples initiatives « neutres en carbone » avancées par les compagnies privées, les jets ont une responsabilité majeure dans les émissions du secteur. Les jets privés sont cinq

f Les e-carburants sont composés de CO<sub>2</sub> recyclé et d'hydrogène vert (l'hydrogène vert, à la différence de l'hydrogène bleu ou gris provient d'une source d'énergie renouvelable et est formé par électrolyse).

à quatorze fois plus polluants que les vols commerciaux (par passagers) et les émissions de CO<sub>2</sub> des vols en jet privé ont augmenté de 31 % entre 2005 et 2019, selon l'ONG Transport & Environment (T&E) dans une étude<sup>59</sup> publiée en 2021. T&E conclue également que les jets ont deux fois plus de chance d'être utilisés pour des vols de moins de 500 km au sein de l'Europe, au détriment des vols commerciaux, ou d'autres moyens de transport. C'est une des réalités mises en exergue par la société civile avec la pratique du « jet tracking »<sup>60</sup> qui s'est intensifiée en 2022. Cette pratique consiste à suivre les trajets de jets de grandes personnalités sur les réseaux sociaux en présentant la distance et les émissions associées à chaque trajet (**CF. SIGNAUX**). Les jets émettent en effet en moyenne 50 % plus que les trains et en Europe, 70 à 80 % des trajets en jets privés ont une alternative de trains à grande vitesse<sup>61</sup>. Les jets privés font aussi figure d'exception au sein de l'EU ETS et le kérosène n'est pas taxé. Or, la richesse moyenne d'un propriétaire de jet privé est de 1,3 Md€. En France, ces dissonances ont résonné auprès du groupe politique de gauche LFI qui a déposé une proposition de loi en septembre 2022<sup>62</sup> pour interdire les jets privés sur le territoire, au nom de leur coût écologique surdimensionné, relativement à la proportion de la population qui les utilise.

Pour sauver la face, certaines compagnies misent sur leur bifurcation. Bombardier, le géant canadien de la construction de jet, a annoncé la sortie de son nouveau prototype en septembre 2021 qui a pris son envol en 2022 et qui fonctionne en partie grâce à du carburant alternatif, de sorte à être neutre en carbone<sup>63</sup>. La société brésilienne Embraer s'est engagée en août 2021<sup>64</sup> pour rendre ses activités neutres en carbone en 2040 grâce aux carburants alternatifs mais aussi grâce à l'électrification et aux moteurs hybrides. La société a par exemple testé un avion 100 % SAF, qui réduirait les émissions de 85 %<sup>65</sup>.

Enfin, si l'électrification des transports prend son envol dans le secteur routier, voire ferroviaire, les batteries électriques ou l'utilisation de l'hydrogène est plus difficile à mettre en place pour l'avion<sup>66</sup> ou le fret maritime. Les recherches concernant le e-kérosène, produit grâce à de l'hydrogène vert et des énergies renouvelables, ont avancé depuis 2018 mais ses capacités restent limitées. Si la demande continue sa croissance actuelle, le secteur aérien européen pourrait consommer jusqu'à 24 % de l'électricité renouvelable produite en Europe en 2050<sup>67</sup>. De plus, les avions fonctionnant grâce à des moteurs électriques, hybrides ou grâce à l'hydrogène, ne sont pas attendus avant la décennie 2030 et concerneraient surtout des vols courts. Pour les vols longs, les défis sont plus importants : les avions à hydrogène nécessitent des réservoirs plus importants, augmentant le poids des avions et donc l'énergie nécessaire au vol. Enfin, si les e-fuels présentent l'avantage de ne pas rentrer en compétition avec l'agriculture, ils le sont avec les matériaux critiques nécessaires à la production des batteries électriques.

Les mesures qui visent la neutralité carbone ne règlent pas toute la pollution générée par l'aviation. Deux-tiers<sup>68</sup> des particules générées par les vols qui participent au forçage radiatif ne sont pas les particules de CO<sub>2</sub>. Alors que le sec-

teur ne jure que par les promesses de neutralité carbone, un article académique publié en 2022<sup>69</sup> défend une réflexion en termes de neutralité climatique plutôt qu'en termes de neutralité carbone afin de prendre en compte les autres effets de l'aviation. Néanmoins, les particules de dioxyde de carbone persistent des années dans l'atmosphère, à la différence des autres, assurant un effet direct pour chaque tonne de CO<sub>2</sub> évitée<sup>70</sup>. L'intérêt porté aux émissions de CO<sub>2</sub> s'explique aussi par la facilité avec laquelle elles peuvent être évaluées à la différence des autres particules. Ces dernières ont des effets différents selon les conditions climatiques. Par exemple, les vols de nuit favoriseraient plus la contribution des particules émises au réchauffement de la température globale que les vols en journée<sup>71</sup>. Mais les données ne sont pas assez précises pour permettre des trajectoires suffisamment ciblées, d'autant plus que les vols de nuit sont stratégiques pour l'industrie de l'aviation. L'adaptation du trafic aérien fait partie des objectifs européens annoncés dans la feuille de route « Destination 2050 » pour qui elle prévoit une contribution à hauteur de 6 % des objectifs de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub>.

### Les appels à la réduction du trafic ont du mal à se faire entendre

Si les stratégies pour atteindre la neutralité carbone du secteur aérien reposent essentiellement sur les innovations et la technologie afin de ne pas remettre en question l'augmentation du trafic – si ce n'est pour la favoriser – la décroissance du secteur<sup>72</sup> apparaît comme levier d'action complémentaire. L'Ademe – agence française de la transition écologique – défend un plafonnement du trafic aérien comme un des leviers de décarbonation du secteur, qui sera atteinte à hauteur de 75 % en 2050 « *seulement si tous les leviers sont activés : efficacité énergétique des avions, décarbonation des carburants et modération du trafic.* »<sup>73</sup>. Quelques jours avant la parution de l'étude de l'Ademe, le président du groupe Aéroports de Paris (ADP) invitait les consommateurs à « être raisonnables »<sup>74</sup> en attendant la décarbonation des appareils aériens et de leurs carburants, qui ne devrait pas être atteinte avant 20 ans. Le plafonnement du trafic est déjà mis en place par de nombreux aéroports pour limiter les nuisances sonores la nuit<sup>75</sup>. Le 24 juin, à la suite de plaintes sur les nuisances sonores du trafic de l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol, le gouvernement néerlandais a présenté le projet d'une restriction du trafic à 440 000 vols par an – pour 500 000 avant la pandémie – à partir de fin 2023, décision qu'il a justifiée pour sa cohérence écologique<sup>76</sup>. Cette mesure gouvernementale a été saluée et reconnue comme pionnière par de nombreux acteurs de lutte contre le changement climatique.

La France illustre les conflits d'intérêts entre les compagnies, qui incitent à la reprise du trafic, et la société civile, qui les somme d'atterrir. En 2021, la Convention Citoyenne pour le Climat avait tenté de faire passer des textes complémentaires aux limitations des vols courts, visant les projets d'agrandissements d'aéroports. Pourtant, des dizaines de projets<sup>77</sup> ont commencé ou sont en cours : ceux commencés avant le 1<sup>er</sup> janvier 2022 ne sont pas concernées par les textes finalement votés. Comme le précisait Sarah Fayolle, chargée de campagne sur le transport à Greenpeace, dans un article de Reporterre, l'interdiction ne vise que les projets « *qui ont besoin de nou-*

velles parcelles pour s'étendre, et donc d'exproprier d'autres propriétaires [...]. Or dans la très grande majorité des cas, les aéroports disposent de réserves foncières, donc de suffisamment de place pour s'étendre sur son propre terrain, sans avoir besoin d'expropriation, et donc de déclaration d'utilité publique pour procéder aux travaux.»<sup>78</sup>. L'agrandissement du terminal 2 de l'aéroport de Nice a fait l'objet d'un appel par des associations environnementales mais le recours a été refusé le 19 septembre 2022<sup>79</sup>.

Pris en étau entre les revendications de la société civile et des experts et la volonté de répondre à une demande croissante du côté des compagnies, les gouvernements misent sur la limitation des vols domestiques. Dans l'Union européenne, l'Autriche et la France ont commencé à mettre en place ce type de restrictions. L'Autriche a interdit les vols pour lesquels une alternative en train de moins de 3 h est possible – la France l'a fait pour une alternative de moins de 2,5 h, directe et fonctionnant plusieurs fois par jour – et a institué une taxe de 30 € par passager depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2020 sur les vols de moins de 350 km, excluant les vols de correspondance<sup>80</sup>. Cette taxe s'applique sur les vols domestiques et internationaux. La Belgique a mis en place une taxe en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> avril 2022, majoritairement sur des vols internationaux étant donné la taille du pays, de 10 € sur les vols de moins de 500 km, de 2 € sur les vols au sein de l'EEE, avec le Royaume-Uni et la Suisse et de 4 € pour les autres, excluant les vols de correspondance. Des projets ont été déposés aux Pays-Bas mais n'ont pas pris corps, faute d'accords politiques et d'accords du gouvernement. La définition des « vols à court-courriers » fait débat, certains se basent sur la distance des vols et d'autres sur la durée des alternatives ferroviaires.

La capacité du report modal des consommateurs sur les autres moyens de transport dépend de la volonté politique. La mise en place du ticket climat en Autriche ou du ticket à 9 € en Allemagne l'été 2022 (CF. SIGNAUX) ont montré la réponse positive de la demande quand l'accessibilité au train est facilitée. Elles ont aussi montré l'importance de l'adaptation des infrastructures pour répondre à une augmentation de l'utilisation du réseau. Une étude<sup>81</sup> de l'ONG britannique Possible, dont le but est d'encourager l'action-climat, défend un déplacement de la politique britannique pour soutenir les infrastructures ferroviaires à la place des subventions aux compagnies aériennes. L'ONG se base sur une étude par sondage représentatif de la population du Royaume-Uni en concluant qu'elle répondrait positivement à ce type de mesure. La taxe du passager-fréquent<sup>82</sup>, alourdissant le coût de l'avion, est un exemple défendu par l'ONG. Cette taxe se baserait sur la fréquence d'utilisation de l'avion par un passager – selon Possible, 70 % des vols britanniques sont utilisés par 15 % des passagers – et serait utilisée pour soutenir des moyens de transports alternatifs moins émetteurs. Cette mesure est arrivée en deuxième position (avec 89 % de répondants positifs) dans un sondage britannique en 2021<sup>83</sup> visant à évaluer les mesures favorisées par la population pour que le pays atteigne ses objectifs de réduction d'émissions pour 2030. Autre exemple, en 2019, la Suède avait enregistré une baisse du trafic par rapport à 2018, expliquée par une « honte de prendre l'avion » (*flygskam*) pour les Suédois, qui ont depuis reporté certains de leurs déplacements sur le train<sup>84</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Après avoir traversé une zone de fortes turbulences en 2020 et en 2021, le trafic aérien reprend son vol. Mais les initiatives pour le faire bifurquer vers la décarbonation sont en retard par rapport à la reprise de la croissance du trafic, qui rattrape déjà ses niveaux d'avant pandémie. Les alternatives aux carburants fossiles, à base de biocarburants ou de motorisations électriques ne seront pas véritablement au point avant 2040, bien que des premiers tests réussis aient été observés en 2021 et en 2022. En attendant 2040, l'efficacité du système CORSIA, censé compenser les émissions du secteur, a été fragilisée et retardée par la baisse du trafic en 2020. Dans ce contexte, les appels à la réduction du trafic se font de plus en plus vocaux, en particulier en Europe, bien qu'ils demeurent contraires à la raison économique des compagnies. Les études récentes et la société civile insistent donc sur le rôle des États, des gouvernements locaux et des aéroports, pour atteindre les objectifs nationaux de réduction des émissions.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 IEA (2020). [Tracking Aviation 2020](#). International Energy Agency
- 2 UIC & AIE (2017). [Railway Handbook 2017](#). International Union of Railways & International Energy Agency
- 3 IATA (2022). [Annual Review 2022](#). International Air Transport Association
- 4 IATA (2020). [Annual Review 2020](#). International Air Transport Association
- 5 IATA (2022). [Annual Review 2022](#), op.cit.
- 6 IATA (07/09/2022). [July Passenger Demand Remains Strong](#). International Air Transport Association
- 7 IATA (June 2022). [Industry Statistics](#). International Air Transport Association
- 8 Thomsen, M. O. (2022). [Economic Outlook : Air Transport in Times of Turbulence](#). International Air Transport Association
- 9 IATA (07/09/2022). [July Passenger Demand Remains Strong](#). International Air Transport Association
- 10 IATA (06/02/2020). [Slower but Steady Growth in 2019](#). International Air Transport Association
- 11 Sun, X. et al. (March 2022). [Startups : Founding airlines during COVID-19 - A hopeless endeavor or an ample opportunity for a better aviation system?](#) *Transport Policy*, Vol. 118
- 12 Raven, P. (n.d.). [May Air Cargo 9.4 % Above Pre-COVID Levels](#). Cargonow
- 13 *Ibid.*
- 14 IATA (2022). [Annual Review 2022](#). International Air Transport Association
- 15 IATA (07/09/2022). [Air Cargo Tracks Near Pre-COVID Levels](#). International Air Transport Association
- 16 IATA (03/05/2022). [War in Ukraine and Omicron Weighs on Air Cargo](#). International Air Transport Association
- 17 UIC & AIE (2017). *Railway Handbook 2017*, op. cit.
- 18 Thomsen, M. O. (June 2022). [Economic Outlook : Air Transport in Times of Turbulence](#). International Air Transport Association
- 19 AIRBUS (August 2022). [Orders and deliveries](#). AIRBUS website
- 20 IATA (March 2022). [IATA Factsheet. The impact of the war in Ukraine on the aviation industry](#). International Air Transport Association
- 21 McLeod Hunt, C. (13/01/2022). [Volatile supply chain tightens grip on aviation industry. Manufacturers combating parts shortages, manufacturing delays, sharp increases in cost](#). AOPA
- 22 Morrison, M & Hemmerdinger, J. (19/08/2022). [Is recovery at risk from a broken supply chain?](#) *Flight Global*
- 23 Swanson, A. (01/03/202). [Ukrainian Invasion Adds to Chaos for Global Supply Chains](#). *The New York Times*
- 24 UNFCCC Secretariat (Sept 2021). [Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat](#). United Nations Framework Convention on Climate Change
- 25 Gota, S., Huizenga, C. Peet, K., Kaar, G. (2016). [Nationally-Determined Contributions \(NDCs\) Offer Opportunities for Ambitious Action on Transport and Climate Change](#). Paris Process on Mobility and Climate, SLoCaT
- 26 ICAO (2021). [Executive Summary – Committee on Aviation Environmental Protection \(CAEP\) analyses in support of the 2022 CORSIA periodic review](#). International Civil Aviation Organization
- 27 ICAO (30/06/2022). [Analyses in Support of the 2022 CORSIA Periodic Review : Assessment of Additional CORSIA Baseline Options](#). International Civil Aviation Organization
- 28 Observatory on non-state action (2021). [Global Synthesis Report on climate action by sector](#). *Climate Chance*
- 29 European Parliament (13/07/2022). [Aviation's contribution to European Union climate action : Revision of EU ETS as regards aviation](#). European Parliament
- 30 IEA (2022). [Aviation – Tracking report](#). International Energy Agency
- 31 Fageda, X & Teixido, J. J. (2022). [Pricing carbon in the aviation sector : Evidence from the European emissions trading system](#). *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 111
- 32 European Commission (2020). [Assessment of ICAO's global market-based measure \(CORSIA\) pursuant to Article 28b and for studying cost pass-through pursuant to Article 3d of the EU ETS Directive](#). European Commission
- 33 HCC (2020). [Climat, santé : mieux prévenir, mieux guérir](#). Haut Conseil pour le Climat
- 34 Van Velzen, A. (2022). [Environmental and economic impacts of EU ETS and CORSIA policy scenarios for European aviation](#). Carbon Market Watch
- 35 Oko Institute (2022). [Flights of fancy – Preventing European airlines from making far-fetched climate claims](#). Carbon Market Watch
- 36 Becken, S. & Pant, P. (2021). [Airline initiatives to reduce climate impact](#). Amadeus, University of Surrey, Griffith University
- 37 Trévidic, B. (26/09/2022). [EasyJet bouscule sa stratégie CO<sub>2</sub>](#). Les Echos
- 38 ICAO (07/10/2022). [States adopt net-zero 2050 global aspirational goal for international flight operations](#). International Civil Aviation Organization
- 39 Gayle, D. (10/05/2022). [Just one of 50 aviation industry climate targets met, study finds](#). *The Guardian*
- 40 REN21 (2022). [Renewables 2022 Global Status Report](#). REN21
- 41 Ministère de la Transition écologique et des territoires, ministère de la Transition énergétique (05/10/2022). [Biocarburants](#). [Ecolgie.gouv.fr](http://Ecolgie.gouv.fr)
- 42 Conseil Européen (14/07/2022). [Infographie - « Ajustement à l'objectif 55 » : accroître l'utilisation de carburants plus écologiques dans les secteurs aérien et maritime](#). Conseil Européen
- 43 IATA (2022). [Annual Review 2022](#). International Air Transport Association
- 44 Destination 2050 (2021). [A route to net zero european aviation](#). Destination 2050
- 45 Krein, A. (21/09/2021). [Investment into clean aviation technologies has a significant socio-economic impact](#). *Euractiv*
- 46 European Commission (26/09/2022). [Green Aircraft : Players from the aeronautics industry and beyond sign up to the Alliance for Zero-Emission Aviation](#). European Commission
- 47 Curran, A. (13/09/2021). [New Net Carbon Zero Goal For Asia-Pacific Airlines](#). *Simple Flying*
- 48 ICAO (2021). [CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuels](#). International Civil Aviation Organization
- 49 ICAO (12/11/2021). [ICAO Council approves CORSIA Sustainability Criteria for sustainable aviation fuels](#). International Civil Aviation Organization
- 50 Piris-Cabezas, P. (17/11/2021). [UN aviation agency sets a new standard for sustainable flight by adopting critical fuels criteria](#). Environmental Defense Fund
- 51 Fickling, D. (10/06/2022). [It's Time to Get Biofuels Out of Your Gas Tank](#). *Bloomberg*
- 52 American Airlines (12/07/2022). [American Airlines Receives Aviation Industry's First-ever CORSIA-certified Sustainable Aviation Fuel From Neste](#). American Airlines
- 53 Aviation Benefits Beyond Borders (2022). [Sustainable aviation fuel](#). *Aviation Benefits Beyond Borders* (page consultée le 6 octobre 2022)
- 54 El Dahan, A. (22/06/2021). [The Road To A Cleaner Sky : Can Planes Fly on 100 % Sustainable Jet Fuel?](#) *Eways Aviation*
- 55 Aviation Benefits (05/02/2021). [JAL Successfully Operates a Commercial Flight Using Sustainable Aviation Fuel Produced in Japan](#). *Aviation Benefits Beyond Borders*
- 56 AirFranceKLM Group (18/05/2021). [Air France-KLM, Total, Groupe ADP et Airbus ont joint leurs efforts pour réaliser le premier vol long-courrier avec du carburant aérien durable](#). AirFranceKLM Group
- 57 Capital (29/10/2021). [Airbus lance ses premiers essais de vols sans kérosène](#). *Capital*
- 58 AFP (10/06/2021). [Un Airbus A320 d'essai effectuera un vol utilisant 100 % de carburant d'aviation durable d'ici à la fin de l'année](#). *Connaissance des Energies*
- 59 Transport & Environment (2021). [Private jets : can the super-rich supercharge zero-emission aviation?](#) *Transport & Environment*
- 60 Clairouin, O. (18/08/2022). [Jets privés des célébrités : derrière la dénonciation de la pollution, le succès grandissant du « flight tracking »](#). *Le Monde*



- 61 *Transport & Environment* (2021). *Private Jets* (...), op. cit.
- 62 Nelken, S. (12/09/2022). [LFI dépose une proposition de loi pour interdire les jets privés sur le territoire français](#). *Libération*
- 63 Bombardier (2022). [Nouveau Jet d'affaires de Bombardier : Challenger 3500](#). *Bombardier website*
- 64 Aviation Benefits (13/08/2021). [Embraer commits to carbon neutral operations by 2040](#). *Aviation Benefits Beyond Borders*
- 65 Siddiqui, H. (01/07/2022). [Towards carbon neutral ops : E195-E2 Aircraft from Embraer to use 100 % on GTF-powered engines](#). *Financial Express*
- 66 Barber, G. (01/02/2022). [What It'll Take to Get Electric Planes off the Ground](#). *Wired*
- 67 *Transport & Environment* (08/03/2022). [Why "flying less" offers the best path to sustainable aviation](#). *Transport & Environment*
- 68 Lee, D.S. et al. (2021). [The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018](#). *Atmospheric Environment*
- 69 Brazzola, N et al. (2022). [Definitions and implications of climate-neutral aviation](#). *Nature Climate Change*
- 70 Barber, G. (11/08/2022). [Carbon offsets alone won't make flying climate-friendly](#). *Grist*
- 71 Davies, A. (02/03/2020). [Plane Contrails Have a Surprising Effect on Global Warming](#). *Wired*
- 72 Köves, A. & Bajmócy, Z. (2022). [The end of business-as-usual? – A critical review of the air transport industry's climate strategy for 2050 from the perspectives of Degrowth](#). *Sustainable production and consumption*, Vol. 29, pp. 228-238
- 73 Roussel, F. (28/09/2022). [La décarbonation du secteur aérien devra intégrer un plafonnement du trafic, selon l'Ademe](#). *Environnement*
- 74 Reporterre (20/09/2022). [Prenez moins l'avion : le surprenant conseil du PDG d'Aéroports de Paris](#). *Reporterre*
- 75 ICAO (2013). [Night Flight Restrictions – Worldwide Air Transport Conference](#). *International Civil Aviation Organization*
- 76 Gerretsen, I. (27/06/2022). [Dutch government issues world-first cap on flights from European hub](#). *Climate Home News*
- 77 Lavocat, L. (03/12/2021). [Nantes, Lille, Montpellier... La folie des grandeurs des aéroports français](#). *Reporterre*
- 78 *Ibid.*
- 79 Reporterre (03/10/2022). [Aéroport de Nice : la justice valide l'agrandissement](#). *Reporterre*
- 80 Dobruszkes, F. et al. (2022). [Banning super short-haul flights : Environmental evidence or political turbulence?](#). *Journal of Transport Geography*, Vol. 104
- 81 Possible & Suration (2021). [Fare competition. A route to climate-friendly travel choices](#). *Possible*
- 82 McDonagh, S. (05/05/2021). [A frequent flyer tax could be the aviation industry's only solution](#). *Euronews Green*
- 83 Coffey, H. (13/10/2021). [Higher flying costs and frequent flyer levy backed by 89 % of Brits to tackle climate crisis](#). *Independent*
- 84 Faux, F. (01/04/2019). [En Suède, la honte de prendre l'avion face à la fierté de voyager en train](#). *FranceInter*



TENDANCES  
TRANSPORT MARITIME

# La transition énergétique du transport maritime international reste à quai

ANTOINE GILLOD • Directeur, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

YANN BRIAND • Chercheur senior, Climat et Transports, IDDRI

Après des années de rentabilité économique limitée, le secteur maritime profite à plein de la reprise des échanges commerciaux favorisée par la levée des confinements. Engagé à réduire ses émissions de soufre et de gaz à effet de serre, le transport maritime international a affirmé ces dernières années son appétence pour les scrubbers et le gaz naturel liquéfié ; des tendances qui se confirment en 2021. Mais le secteur peine encore à basculer à engager ces transformations à grande échelle, et doit résoudre les externalités négatives de certains de ses choix technologiques...



## PANORAMA DES DONNÉES

### La reprise du transport maritime international profite aux grands armateurs

La reprise du fret à la faveur de la fin progressive des politiques de confinement a fait rebondir les émissions de gaz à effet de serre du transport maritime international de 8 %, pour atteindre 661,9 MtCO<sub>2</sub>e en 2021, contre 612,5 MtCO<sub>2</sub>e en 2020, selon les chiffres d'Enerdata<sup>a</sup>. Cela reste toutefois inférieur au niveau des émissions de 2019 (682,9 MtCO<sub>2</sub>e). Le transport maritime domestique (transports fluvial, ferries, cabotage...) a augmenté de 7,3 % sur l'année 2021 (177,83 MtCO<sub>2</sub>e), après une baisse de 3 % en 2020. Là aussi, le niveau des émissions demeure inférieur à ce qu'il était avant crise<sup>1</sup>. Selon la quatrième étude de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) sur les gaz à effet de serre (GES), 98 % de ces émissions de GES étaient du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Mais l'étude observe sur la période 2012-2018 une augmentation particulièrement forte (150 %) des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>), au pouvoir de réchauffement global (PRG) 86 fois supérieur au CO<sub>2</sub> sur 20 ans<sup>2</sup>.

D'après le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sur l'atténuation du changement climatique, les émissions du transport maritime international sont la deuxième source d'émissions du secteur du transport après le transport routier de passagers et de

marchandises, et représente environ 9 % des émissions totales du secteur du transport<sup>3</sup>. Les émissions liées au transport international de marchandise ont cru plus vite que les émissions liées au transport de passagers, et ceci principalement à cause d'une croissance des échanges et d'une organisation des chaînes logistiques qui impliquent de très grandes distances géographiques<sup>4</sup>. En 2023, l'OMI va devoir réviser sa stratégie de réduction des GES et de nombreuses voix se font entendre pour demander plus d'ambition et d'actions pour le secteur et la prise en compte de toutes les options possibles (CF. ENCADRÉ 1).

En effet, l'Étude sur les transports maritime de la CNUCED, publiée en novembre 2021, annonçait un rebond du volume d'échanges commerciaux par voie maritime de 4,3 %, avec des profils régionaux différents. Ce retour de la croissance des activités fait non seulement suite à la chute des échanges de 3,8 % en 2020<sup>5</sup> provoquée par la pandémie de Covid-19, mais avant cela à deux années consécutives de ralentissement de la croissance des volumes transportés ; 2,7 % en 2018, puis 0,5 % en 2019. Des chiffres en-deçà de la moyenne enregistrée entre 1970 et 2017 (+3 %/an).

Le trafic mondial de porte-conteneurs, indicateur clé de la santé du commerce international, a suivi la même dynamique : -1,2 % d'activité en 2020, après une croissance tombée de 6,7 % en 2017 à 2 % en 2019<sup>6</sup>. Le trafic de conteneurs en Asie, qui concentre 54 % des échanges maritimes mondiaux, n'a que modérément baissé en 2020 (-0,4 %), voire pas du tout en Afrique (0 %), tandis qu'il a plus fortement chuté en Europe

<sup>a</sup> D'autres sources proposent des chiffres différents, mais dont les ordres de grandeurs restent similaires en proportion des autres sous-secteurs du transport. Le GIEC, dans son rapport « Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change » publié en avril 2022, avance le chiffre de 0,8 GtCO<sub>2</sub>e émises par le secteur en 2019 ; le 4<sup>e</sup> rapport de l'OMI publié en 2020 estime que les émissions du secteur s'élevaient à 1,076 GtCO<sub>2</sub>e en 2018.

(-4,2 %), en Amérique du Nord (-1,9 %) et dans la zone Amérique latine & Caraïbes (-1,8 %)<sup>7</sup>. La baisse d'activité n'a donc pas enrayer la tendance de long terme à la croissance de la part des pays en développement dans le trafic maritime : ces pays reçoivent désormais 69,5 % des biens débarqués dans le monde. Autre indicateur de la santé économique du secteur, le taux d'utilisation des capacités de construction dans les chantiers navals, qui avaient chuté de 14 % entre 2015 et 2020, a rebondi de 13 % entre 2020 et 2021, sans pour autant retrouver leur niveau de 2019<sup>8</sup>.

La baisse générale d'activité en 2020 a eu un effet variable sur les compagnies maritimes selon leurs secteurs d'activités. Les navires pétroliers ont d'abord beaucoup souffert de la baisse de la demande en carburant et de la réduction de la production organisée par l'OPEP, avant regagner en profitabilité suite à l'invasion de l'Ukraine par la Russie<sup>9</sup>.

Mais les armateurs de porte-conteneurs (Maersk, CMA-CGMA, MSC, COSCO...) sont indéniablement les grands gagnants de la crise. En effet les tarifs fixés par les armateurs pour le transport de marchandises, appelés « taux de fret », sont inversement proportionnels à la demande : plus les capacités de transport sont importantes, plus les tarifs sont bas. Une situation qui, durant plusieurs années, a limité les marges

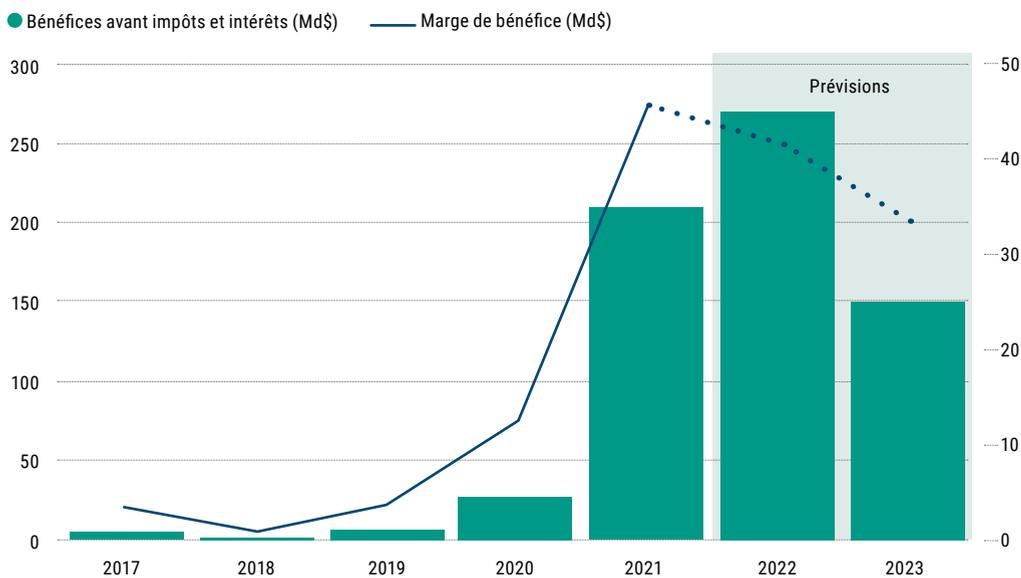
financières des transporteurs. Mais la désorganisation générale de la distribution des porte-conteneurs disponibles entre les principales zones commerciales, confrontée à la forte demande en biens manufacturés durant et après les confinements, a fait décoller les taux de fret. Les contrats à un an, qui représentent les trois-quarts des revenus annuels des opérateurs de navires, se négociaient en février 2022 entre 7 000 et 8 000\$ le conteneur équivalent 40 pieds entre la Chine et la côte ouest des États-Unis, contre un niveau déjà record de 5 500\$ en moyenne en 2021<sup>10</sup>. Par conséquent, l'industrie a dégagé un bénéfice avant intérêt et impôt (EBIT) record de 210 Md\$ en 2021, contre seulement 7 Md\$ en 2019 et 26 Md\$ en 2020. L'année 2022 s'annonce encore plus spectaculaire ; Drewry, un cabinet de consultant spécialisé dans le secteur maritime, prévoit 270 Md\$ de profits pour l'industrie cette année<sup>11</sup>.

Cette conjoncture profitable aux résultats financiers du secteur pourrait alors faciliter les investissements des compagnies maritimes pour atteindre les objectifs de réduction des émissions et de dépollution fixés à long-terme par l'OMI. Des engagements qui révèlent parfois des incompatibilités lorsque les acteurs doivent déployer leurs stratégies pour les mettre en œuvre.

**FIGURE 1**

**BÉNÉFICES AVANT IMPÔTS ET INTÉRÊT (EBIT) GÉNÉRÉ PAR L'INDUSTRIE ENTRE 2017 ET 2023 (PRÉVISIONS)**

Source : *Financial Times*, 08/09/2022, d'après les données de Drewry Maritime Research



## LE TRANSPORT MARITIME, UN SECTEUR QUI ORGANISE SES PROPRES EFFORTS DE DÉCARBONATION

Depuis 1997 et le protocole de Kyoto, la question de la réduction des émissions du transport maritime international a été confiée à l'Organisation Maritime Internationale (OMI). Cette organisation est spécialisée historiquement sur les questions de sécurité des navires qui rassemble aujourd'hui près de 140 pays membres. Poussée par l'agenda de l'accord de Paris en 2016, l'OMI s'est engagée à définir une stratégie globale en deux temps avec une stratégie initiale à horizon 2018 et une stratégie révisée pour 2023. En avril 2018, plus de cent États réunis au siège de l'OMI à Londres ont adopté une stratégie initiale pour la réduction des émissions par unité de transport (en gCO<sub>2</sub>/tkm) d'au moins 50 % en 2050 comparé à 2008. L'accord prévoit plus précisément de réduire les émissions, pour toutes les activités de transport international, d'au moins 40 % en 2030 et au mieux jusqu'à 70 % en 2050 par rapport à 2008<sup>12</sup>. Au printemps 2023, une stratégie révisée devrait voir le jour et plusieurs acteurs étatiques et non-étatiques lors de la COP26 ont déjà appelé à relever l'ambition du secteur pour atteindre « zéro émission en 2050 » dont les principaux pays du G7 (Déclaration on Zero Emission Shipping by 2050) ainsi que et plus de 200 entreprises et organisation du secteur à travers le forum maritime mondial (Call to Action for Shipping Decarbonisation).

Le transport maritime revendique depuis des années de grands gains en efficacité énergétique et en intensité carbone grâce à des mesures variées à l'impact exponentiel, comme la réduction de la vitesse de croisière des navires<sup>b</sup>. En effet, l'intensité carbone moyenne de l'ensemble du secteur, qu'elle soit rapportée aux vaisseaux ou aux trajets, est aujourd'hui 21~30 % inférieure à 2008, selon l'Indicateur Opérationnel d'Efficacité Énergétique (EEOI) de l'OMI. Cela a permis au secteur de maintenir ses émissions relativement stables par rapport à leur niveau de 2010 alors que la demande internationale n'a cessé d'augmenter. Cependant, l'essentiel de ces gains d'efficacité ont été obtenus avant 2012, et l'intensité carbone des activités ne diminue plus que de 1 à 2 % par an depuis 2015, ce qui n'est pas suffisant à ce stade pour réduire les émissions en absolu par rapport à leur niveau de 2008. Aujourd'hui les engagements et efforts d'investissements pour la décarbonation du secteur se concentrent sur le développement des carburants zéro émission, même si de forts enjeux se posent sur la capacité à produire les volumes nécessaires d'énergie zéro-émission et sur la vitesse de déploiement des « corridors verts » sur lesquels les infrastructures de recharge seraient disponibles. Plus de 20 pays se sont d'ailleurs engagés avec des acteurs privés à développer au moins six corridors d'ici 2025 (Clydebank Declaration). Enfin, il est à noter qu'aucune de ces stratégies ne prend en compte la réorganisation des chaînes logistiques vers des chaînes plus courtes et régionales, comme un levier pour le développement et la réduction des émissions du secteur, alors que cette option pourrait permettre de baisser la pression sur la demande d'énergie zéro-émission et faciliter la pénétration de motorisations alternatives.



### L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

## Le GNL gagne les faveurs du transport longue distance

### Pour la réduction des émissions de soufre, les scrubbers gagnent du terrain sur les VLSFO

Depuis 2018, l'OMI réclame aux compagnies maritimes de réduire leurs émissions de GES d'au moins 50 % en 2050 par rapport à 2008. Et depuis janvier 2020, le règlement OMI 2020 abaisse la limite de teneur en soufre des *heavy fuel oil* (HFO) utilisés dans les navires de 3,5 % m/m (masse par masse) à 0,5 % m/m pour tous les navires en dehors des zones de contrôle des émissions (ECA, *Emission Control Area*). Pour parvenir à répondre à cette double injonction à la décarbonation et à la dépollution, l'OMI envisage quatre autres types de mesure à moyen terme : le développement de carburants bas carbone (voire « zéro carbone »), des mesures opérationnelles pour l'efficacité énergétique des navires, les activités

de coopération technique et de renforcement de capacités, et des mécanismes de retour d'expérience pour le partage de bonnes pratiques<sup>13</sup>.

Pour la réduction des émissions des soufre, deux options se font face : remplacer le HFO par un carburant à moindre teneur en soufre mais bien plus cher ou nécessitant des adaptations techniques, comme le VLSFO (*Very-Low Sulfur Fuel-Oil*), le MGO (*Marine Gas Oil*) ou le GNL (**CF. PLUS BAS**) ; ou bien doter leurs navires de tours d'épuration qui nettoient les particules de soufre des fumées en sortie d'échappement – les « scrubbers » – tout en continuant à employer du HFO. Dans la continuité de l'année 2020, les scrubbers ont désormais la préférence du marché par rapport aux VLSFO ; l'écart de prix (*spread*) entre les VLSFO et le HFO atteint des records en 2022, ce qui favorise l'option consistant à conserver les carburants traditionnels tout en équipant les tour d'échappement de scrubbers<sup>14</sup>. Fin 2020, plus de 4 000 navires à travers le monde en étaient équipés ; c'est deux fois plus qu'au début de l'année, selon BIMCO, un réseau d'acteurs du secteur maritime qui représente 60 % de la flotte mondiale de marchandise<sup>15</sup>.

<sup>b</sup> Il existe en effet une relation cubique entre la réduction de la vitesse d'un navire et la consommation de carburant : réduire la vitesse de 10 % baisse de 27 % la puissance motrice requise. Donc sur une distance égale parcourue plus lentement, l'énergie nécessaire au trajet diminue de 19 % (Faber et al, 2017). La réduction de la vitesse permet donc aux compagnies de réduire leurs émissions et de faire des économies sur la consommation de carburant.

Mais la version la plus économique et facile à installer plébiscitée par le marché, les scrubbers « en circuit ouvert » (*open loop*), rejette directement les eaux de lavage des cheminées d'échappement dans la mer. Celles-ci, chargées d'hydrocarbures aromatiques, de nitrates, de nitrites et de métaux lourds, contribuent à l'acidification des eaux et représentent un danger pour les organismes marins. 80 % de ces eaux de lavage sont déchargées dans le périmètre des zones économiques exclusives (200 miles nautiques), au sein desquelles les États disposent de l'exclusivité de l'exploitation des ressources, selon une étude d'ICCT<sup>16</sup>. Une récente étude suédoise estime que les scrubbers en circuit ouvert sont à l'origine de 9 % de certains polluants en mer Baltique<sup>17</sup>. À ce jour, une quarantaine d'États et d'autorités portuaires dans le monde ont prononcé l'interdiction ou des formes de restrictions du déchargement des eaux de lavage des scrubbers<sup>18</sup>.

Le bilan n'est guère meilleur pour le VLSFO, dont une récente étude présentée à l'OMI a révélé que leur combustion produit de l'ordre de 10 à 85 % d'émissions de black carbon en plus que la combustion de HFO<sup>19</sup>. Or le *black carbon* est un polluant dangereux pour la santé mais également un gaz à effet de serre (GES) à courte durée de vie mais au puissant pouvoir de forçage radiatif. Résultant de la combustion incomplète des carburants, son « pouvoir de réchauffement global » (PRG) est entre 460 et 1 500 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub> durant ses quatre à douze ans de vie dans l'atmosphère<sup>20</sup>.

### Le GNL, carburant de choix du secteur à longue distance

En matière de décarbonation, l'essentiel des investissements et des efforts de recherche et d'innovation vise aujourd'hui à développer des motorisations alternatives aux carburants fortement carbonés qui sont majoritairement employés par les navires. À l'heure actuelle, selon les chiffres de la société d'assurance et de gestion des risques DNV<sup>21</sup>, 99,8 % des navires en opération dans le monde et 78,9 % des navires en commande utilisent des carburants conventionnels. Parmi les motorisations alternatives, c'est le gaz naturel liquéfié (GNL) qui domine largement les carnets de commandes pour les navires longue distance (90 % du tonnage en commande et 98 % du tonnage en opération), tandis que les autres options (batteries/hybrides, méthanol, gaz de pétrole liquéfié) sont orientées vers les navires courte distance.

Actuellement, 923 navires carburant au GNL sont en opération dans le monde, et 534 sont en commande, d'après les chiffres de DNV<sup>22</sup>. C'est une augmentation substantielle par rapport à ceux observés dans l'édition 2021 du Bilan mondial de l'action climat par secteurs<sup>c</sup>. Le GNL n'est pas seulement un carburant alternatif aux fuels lourds conventionnels pour servir les objectifs de décarbonation du secteur ; c'est également un des produits qui connaît la plus forte croissance dans les échanges internationaux, et donc l'un des principaux moteurs de croissance du transport maritime international. En 2021, les importations de GNL, qui n'avaient pas baissé malgré la pandémie, ont augmenté de 4,5 % par rapport à 2020, tandis que la capacité de transport du GNL augmentait de 9 %<sup>23</sup>. En 2022, le marché devrait profiter de la hausse de la demande en GNL comme alternative au gaz russe.

Pourtant, si le GNL émet effectivement 25 % de CO<sub>2</sub> en moins que les carburants marins traditionnels, et ne contient presque pas de soufre, il n'en demeure pas moins du gaz dont la combustion est à l'origine de l'augmentation des émissions de CH<sub>4</sub> observées par l'OMI ces dernières années<sup>24</sup>. À l'origine de ces émissions, l'utilisation des moteurs LPDF (*low-pressure injection dual fuel*), la technologie la plus répandue pour faire fonctionner les navires au GNL, qui laissent s'échapper d'importantes émanations de CH<sub>4</sub>, notamment quand les navires sont à faible charge<sup>25</sup>. Selon une analyse en cycle de vie d'ICCT, l'utilisation du GNL avec cette technologie produit 70 à 82 % d'émissions de GES en plus que l'autre carburant alternatif à base de gaz, le marine gas oil (MGO). Une enquête de Transport & Environnement utilisant des caméras infrarouges rapporte des fuites de méthane sur les navires stationnant sur le port de Rotterdam<sup>26</sup> ; ces fuites pourraient représenter entre 0,2 % et 3 % du processus de combustion, selon l'IMO<sup>27</sup>. À 100 ans, et sous condition d'adoption d'une technologie plus efficace, les gains d'émissions permis par le GNL pourraient atteindre 15 % comparé au MGO ; à 20 ans, plus proche de l'urgence d'action climatique, l'usage du GNL engendrerait 4 % d'émissions en plus<sup>28</sup>.

### L'ammoniac et le méthanol : deux paris sur l'avenir toujours balbutiants

Dans un travail d'analyse de 24 scénarios de transition pour le secteur maritime, DNV a exclu la propulsion électrique des options de décarbonation des navires. L'hydrogène a également été écartée pour le transport longue distance, en raison des difficultés techniques posées par son stockage (**CF. ENCADRÉ 2**) : ses dérivés comme l'ammoniac ou le méthanol sont plus envisageables sur longue distance, tandis que l'hydrogène pur pourrait trouver davantage de débouchés dans les courtes distances, en le mixant avec d'autres carburants<sup>29</sup>.

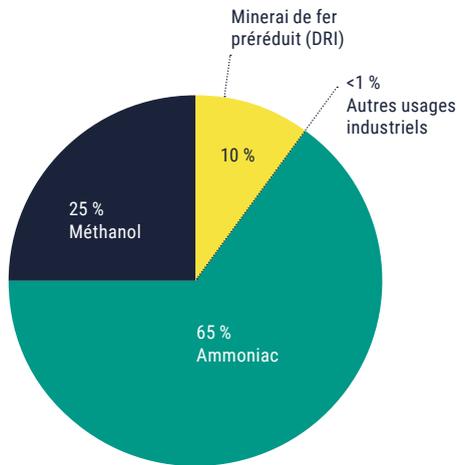
<sup>c</sup> Ces chiffres sont cités par des sources secondaires. Dans l'édition 2021 du Bilan mondial de l'action climat par secteur, les chiffres cités datant d'avril 2021 faisaient état de 563 navires carburant au GNL sont aujourd'hui en opération ou en commande. Voir Observatoire de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteurs](#). *Climate Chance*



**FIGURE 2**

**DEMANDE D'HYDROGÈNE DANS L'INDUSTRIE, 2020**

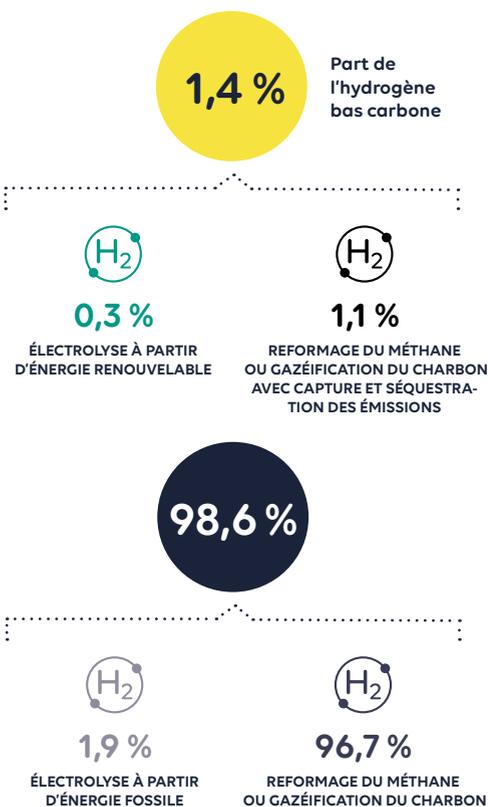
Source : Agence internationale de l'énergie, 2022



**FIGURE 3**

**PART DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE PRODUCTION D'HYDROGÈNE**

Source : Climate Chance, d'après Global CCS Institute, 2021



L'ammoniac (NH<sub>3</sub>) est un des débouchés principaux de l'hydrogène, connu pour ses applications en tant qu'engrais dans le secteur agricole : en 2020, selon l'AIE, la production d'ammo-

niac<sup>d</sup> captait déjà 65 % de la demande en hydrogène (FIG. 2), dont 70 % pour la production d'engrais. Selon la Chambre maritime internationale, la densité énergétique de l'ammoniac étant plus faible que celle du pétrole, la conversion de l'ensemble de la flotte maritime internationale nécessiterait de tripler la production d'ammoniac jusqu'à 440 millions de tonnes, ce qui demanderait pas moins de 750 GW d'électricité renouvelable<sup>30</sup>. Or, aujourd'hui seule 0,3 % de l'hydrogène produit dans le monde provient d'électricité renouvelable (FIG. 3). En février 2022, l'armateur grec Avin International a inauguré le *Kriti Future*, un tanker de classe « Suezmax » présenté comme le premier navire au monde prêt à carburger à l'ammoniac ; pour l'heure, le navire est toujours alimenté en carburants conventionnels, mais dispose des technologies nécessaires à sa conversion<sup>31</sup>.

Le recours au méthanol en tant que carburant demeure extrêmement marginal, mais entre dans les stratégies des grands compagnies maritimes pour diversifier leurs sources d'énergie. Le méthanol est un alcool produit naturellement par le métabolisme d'organismes anaérobie ; néanmoins peu présent à l'état naturel, il fait l'objet de production industrielle de synthèse, grâce à divers procédés de réaction chimique reposant surtout sur l'utilisation du gaz (65 %) et du charbon (35 %). Ainsi, des 98 millions de tonnes de méthanol produits par an, la quasi-totalité provient d'énergies fossiles. Seules 0,2 million de tonnes de méthanol « renouvelable » sont produites chaque année, principalement du biométhanol utilisant de la biomasse. Mais d'autres formes de « e-méthanol », obtenus grâce à de l'hydrogène bleu ou vert, ouvre des perspectives de développement d'une filière bas carbone – largement conditionnées à la capacité du marché à développer une offre d'hydrogène bas carbone suffisante pour tous ses usages potentiels.

Disposant d'un haut indice d'octane, le méthanol peut être utilisé comme carburant dans des moteurs à combustion interne. 31 % du méthanol est aujourd'hui utilisé pour produire des biodiesel, et 14 % directement comme carburant<sup>32</sup>. Si son application dans les transports urbains est répandue dans certains pays (notamment en Chine), le méthanol reste peu utilisé dans le transport maritime : seuls 11 navires sont actuellement en circulation, et 35 en commande<sup>33</sup>.

L'intérêt des acteurs du secteur se précise néanmoins ces dernières années. A.P. Moller – Maersk, qui s'est engagé à ne plus commander que des navires aptes à fonctionner à partir de carburants bas carbone, a par exemple passé commande de six navires carburant au méthanol en octobre 2022, pour une livraison attendue en 2025<sup>34</sup>. En vue de se fournir en quelques 730 000 tonnes/an de méthanol à partir de la fin 2025, l'armateur danois a engagé une série de partenariats stratégiques avec des entreprises industrielles (dont Orsted, Proman, European Energy...) afin de développer la production de bio- et e-méthanol<sup>35</sup>. CMA CGM a aussi passé commande de six navires alimentés en méthanol en juin 2022<sup>36</sup>.

<sup>d</sup> 1 tonne d'ammoniac nécessite 180 kg d'hydrogène.

## ENCADRÉ 2 • POUR MIEUX COMPRENDRE

### L'AMMONIAC, UNE « AUTRE » FORME D'HYDROGÈNE POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

L'ammoniac se présente sous la forme d'un gaz à température ambiante et peut être stocké sous forme liquide une fois comprimé (à -33 °C contre -253 °C pour l'hydrogène). Il est aussi moins coûteux à stocker sur le long terme que l'hydrogène (0,5 \$/kg-H<sub>2</sub> contre 15 \$/kg-H<sub>2</sub> pour l'hydrogène), mais aussi une à deux fois moins cher à transporter par pipeline et jusqu'à trois fois moins cher par bateau. Ainsi, de plus en plus d'acteurs réfléchissent à utiliser l'ammoniac comme combustible, de la même manière que l'hydrogène, en tant que carburant alternatif pour les transports ou pour l'alimentation de centrales à gaz ou à charbon par exemple. En effet, sa combustion ne génère que de l'eau et de l'azote, sans émettre de molécule carbonée ou de particules de suie. Le Japon mise tout particulièrement sur cette molécule pour décarboner son industrie maritime, transporter de l'hydrogène et stocker de l'énergie. En novembre 2020, le ministère japonais de l'Énergie, du Commerce et de l'Industrie (METI) a annoncé la formation d'un Conseil pour travailler sur le développement de l'ammoniac comme produit énergétique. D'ici 2030, le Japon ambitionne d'importer 3 millions de tonnes d'ammoniac « propre » et accélère sa coopération internationale (notamment avec le Moyen-Orient, l'Australie et la Nouvelle-Zélande) pour y parvenir.

#### L'électrification cible le transport courte distance et le stationnement des navires à quai

Rares sont les exemples de navires d'envergure à motorisation électrique ou hydrogène entrés en service ou même en phase de test. DNV recense actuellement 396 navires en opération fonctionnant à partir de batteries électriques ou de systèmes hybrides. Le *Yara Birkeland*, annoncé depuis 2017 comme le premier porte-conteneurs autonome propulsé par batterie électrique, a été baptisé cette année en Norvège et entre dans une phase de test de deux ans pour être certifié<sup>37</sup>. Pour soutenir sa stratégie de neutralité carbone à l'horizon 2050, le port d'Anvers a passé commande d'un remorqueur fonctionnant à l'hydrogène dès 2019. Baptisé *Hydrotug*, il n'entrera pas en service avant plusieurs années<sup>38</sup>. L'entreprise suédoise Stena Line, qui opère déjà des ferries hybrides (diesel-électrique), a annoncé en septembre 2021 le lancement d'un ferry 100 % électrique, le *Stena Elektra*, pour opérer des trajets entre Göteborg (Suède) et Frederikshavn (Danemark)... pas avant 2030<sup>39</sup>. Outre les obstacles liés à l'approvisionnement en métaux stratégiques indispensables à la fabrication des batteries, les externalités environnementales négatives de l'extraction et la pression sur la demande en électricité (CF. TENDANCE « ROUTIER »), l'électrification des navires appelle à la création d'un écosystème politique, économique et infrastructurel commun entre les ports de différents pays. En effet, la garantie d'accès aux infrastructures de recharge et leur compatibilité aux différents navires sont indispensables au déploiement des navires électriques. En l'absence d'accord international, des autorités portuaires et des villes sont à l'origine d'initiatives bilatérales et multilatérales qui visent à coordonner leurs efforts de décarbonation du transport maritime.

## ENCADRÉ 3 • RETOUR D'EXPÉRIENCE

### LES CORRIDORS MARITIMES VERTS

Les « corridors maritimes verts » (*green shipping corridors*) visent pour cela le développement de routes commerciales maritimes bas carbone entre des ports majeurs, en promouvant le déploiement de vaisseaux faiblement émetteurs, l'installation d'infrastructures de recharge et un environnement législatif incitatif. Un an après la Déclaration de Clydebank, un rapport du Global Maritime Forum dresse le tout premier panorama de ces initiatives naissantes : 21 initiatives de corridors maritimes verts ont été recensés, dont douze de courte distance et sept en haute-mer. 19 d'entre eux sont pilotés par des acteurs non-étatiques : ports (9), industries (4), partenariats publics privés (9), et le reste par des États (3). Pour l'heure, les objectifs fixés par ces projets s'étendent de 2027 à 2030. Par exemple, en janvier 2022, les ports de Los Angeles et de Shanghai, rejoints en juin par le port de Long Beach, en partenariat avec le réseau mondiale de villes C40 Cities, A.P. Moller – Maersk, CMA CGM et d'autres acteurs industriels et de la recherche, ont annoncé le lancement d'un projet visant à créer le premier corridor maritime vert transpacifique entre la Chine et les États-Unis<sup>40</sup> ; le plan de mise en œuvre du corridor est attendu fin 2022. Lors de la COP27 à Sharm el Sheikh, le Premier ministre norvégien Jonas Gahr Støre et l'Envoyé présidentiel spécial pour le climat américain John Kerry ont officiellement lancé le Green Shipping Challenge, une initiative visant à inciter tous les acteurs de la chaîne de valeur du transport maritime à prendre des engagements concrets pour la décarbonation du secteur. Une quarantaine d'annonces ont été formulées lors de la conférence visant à promouvoir l'innovation pour les navires, l'expansion des carburants bas carbone et des politiques encourageant l'adoption de navires de nouvelle génération<sup>41</sup>.

L'électrification des vaisseaux à quai sert également à dépolluer les ports. Les activités associées au port le plus émetteur d'Europe, à Rotterdam, s'élèvent par exemple à près de 14 MtCO<sub>2</sub>e, soit autant que la centrale à charbon de Weisweller (Allemagne), cinquième site industriel le plus émetteur d'Europe, selon une évaluation de l'ONG Transport & Environnement<sup>42</sup>. Parmi ces émissions, 640 000 tCO<sub>2</sub>e sont produites par les activités sur le site du port : chargement, déchargement, et ravitaillement en carburant. Le Règlement AFIR proposé par la Commission européenne dans le cadre du plan Fit-for-55 et voté par le Parlement européen en octobre 2022 prévoit justement de fixer objectifs minimums d'alimentation électrique à quai dans les ports maritimes<sup>43</sup>. Les ports de Southampton (Royaume-Uni)<sup>44</sup>, Sydney (Australie)<sup>45</sup> ou encore le complexe français Haropa Port (Le Havre, Rouen, Paris)<sup>46</sup> ont par exemple récemment lancé des travaux visant à installer des infrastructures d'alimentation électrique des navires à quai. Maersk a annoncé un plan pour l'installation de stations de recharge offshore pour alimenter les navires en électricité via des tuyaux sous-marin, pour éviter la combustion de carburants fossiles lorsque les navires stationnent près des ports. Le groupe danois vise l'installation de dix « boyaux » dans 100 ports avant 2028, pour réduire les émissions de 5 MtCO<sub>2</sub>/an ainsi que la pollution de l'air et sonore<sup>47</sup>.

ENCADRÉ 4 • RETOUR D'EXPÉRIENCE

## INNOVATIONS SUR L'USAGE DE LA PUISSANCE ÉOLIENNE POUR LES GROS NAVIRES

Dans le cadre du plan Fit for 55, la Commission européenne a proposé la directive FuelEU Maritime, visant à pousser le secteur vers des « carburants » bas carbone. Dans sa position sur le texte adoptée en octobre 2022, le Parlement européen a proposé une réduction de l'intensité des émissions de GES plus ambitieuse, de 2 % à partir de 2025, 20 % en 2035 et de 80 % en 2050. Pour cela, le rapporteur au Parlement défend une approche « technologiquement neutre », qui laisse la possibilité aux armateurs de recourir au méthanol, à l'hydrogène, aux biocarburants avancés et... à la propulsion éolienne. En se dégageant d'une approche centrée sur les carburants pour élargir la portée du texte aux « énergies », le Parlement donne satisfaction aux demandes d'acteurs industriels et politiques qui prônent le développement de la propulsion éolienne à grande échelle, comme l'International Windship Association. En France, plusieurs projets s'appuient sur la « propulsion vélique » pour transporter des marchandises. À petite échelle, l'entreprise Grain de Sail effectue des traversées transatlantiques grâce à un voilier de 23 mètres de 350 tonnes de capacités de charge pour importer du chocolat et du café depuis l'Amérique du Nord vers l'Europe, qu'il transforme en Bretagne dans ses propres usines. Ce qui lui permet de réduire de 97 % le bilan carbone du trajet<sup>48</sup>. Un deuxième navire doit être mis à l'eau en 2023. Forte de plus de 150 entreprises actives dans le secteur, la région Bretagne a annoncé lancer une nouvelle filière de transport maritime à voile en novembre 2021<sup>49</sup>. La coopérative Windcoop, quant à elle, démarre la construction d'un premier navire de 1 400 tonnes de capacités de charge en 2023 pour inaugurer ses activités en 2025 entre la France et Madagascar<sup>50</sup>. Le projet TOWT (« TransOceanic Wind Transport »), soutenu par l'Union européenne et des bailleurs de fonds publics français, poursuit des objectifs similaires afin de démultiplier le transport de marchandises bio par voilier à partir du port du Havre<sup>51</sup>.

### La réorganisation des chaînes logistiques : un impensé qui prend de la place

La demande de transport de marchandises en tonne.kilomètres devrait tripler d'ici à 2050 si aucune action n'est prise<sup>52</sup>. Cette demande est le fruit à la fois d'une intensification des échanges internationaux (tonnes) mais également d'une organisation des chaînes logistiques qui impliquent de très longues distances géographiques (km). Le dernier rapport du GIEC explique d'ailleurs que les émissions du transport de marchandises ont cru plus rapidement ces dernières années que toutes les émissions du transport de personnes et que cela provient principalement de l'explosion des distances et des échanges. Ce dernier rapport met également en avant la nécessité d'intégrer plus d'options d'atténuation et en particulier de considérer des transformations organisationnelles et systémiques, complémentaires aux transformations technologiques, si nous voulons atteindre la neutralité carbone d'ici la moitié du siècle<sup>53</sup>. Alors que les voies technologiques de décarbonation profonde des navires longue distance et la production de carburants bas carbone sont encore

loin de la maturité, la réorganisation des chaînes de valeur internationales appuie la réduction des distances et des consommations énergétiques associées pour réduire les besoins en carburants alternatifs zéro-émission, et faciliter la pénétration des motorisations alternatives à l'échelle régionale. Cette réorganisation engage la transition du système de production-consommation vers plus de circularité, de proximité et de résilience pour simplifier et raccourcir les chaînes de valeur<sup>54</sup>. Une étude récente de la CNUCED a par exemple caractérisé quatre principales tendances d'évolutions des chaînes logistiques (reshoring, diversification, régionalisation, replication); trois d'entre elles tendent vers des chaînes plus courtes et parfois moins fragmentées<sup>55</sup>. D'autres rapports font état d'une régionalisation des échanges et d'un raccourcissement des chaînes logistiques en cours, en particulier en Asie<sup>56</sup>. À l'heure actuelle, de nombreuses actions publiques non coordonnées déjà à l'œuvre transforment les chaînes de production et logistique internationales, comme le développement de nouvelles politiques économiques et industrielles (ex : renforcement du commerce régional et bilatéral, changement d'alliances commerciales et géopolitiques, renforcement de stratégies de production nationale) ou le développement de nouvelles politiques environnementales (ex : marchés carbone, taxe carbone aux frontières, réglementation produits zéro-déforestation). Pourtant, aucune stratégie de réduction des émissions du transport maritime (ni même la stratégie officielle de l'OMI) ne considère un réel changement des chaînes logistiques.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Alors que le secteur peine à réduire ses émissions en valeur absolue, l'OMI s'apprête à réviser la stratégie de réduction des émissions du secteur maritime en 2023 en fixant un objectif encore plus ambitieux. Il est à noter que ces dernières années, les acteurs du transport maritime international ont déjà fait de premiers choix technologiques de court terme : les scrubbers pour réduire les émissions de soufre, le GNL pour réduire les émissions du transport longue distance, et l'électrification pour les courtes distances. Toutefois, ces options ne seront pas suffisantes à long terme pour réduire de manière profonde les émissions du secteur. Si le cap est fixé, des voies alternatives se dessinent pour réduire l'impact climatique du secteur. D'abord, la réorganisation des chaînes logistiques autour de pôles régionalisés tend à réduire la distance des échanges internationaux et les consommations énergétiques associées. D'autre part, des initiatives locales encore relativement exceptionnelles tentent d'organiser des chaînes de valeur construites autour du transport de marchandises par voile. Des carburants alternatifs reposant sur l'hydrogène, comme le méthanol et l'ammoniac, encore très peu répandus sur le marché, font l'objet d'investissements de plus en plus conséquents et s'affirment dans les stratégies de décarbonation des acteurs. Mais les très faibles volumes actuels de production d'hydrogène bas carbone (vert ou bleu) et la concurrence avec d'autres usages (décarbonation de l'industrie par exemple) interroge la capacité réelle de ces carburants alternatifs à faire basculer le secteur dans les années à venir.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 [Enerdata](#), Global Energy & CO<sub>2</sub> Data
- 2 IMO (2020). [Reduction of GHG emissions from ships. Fourth IMO GHG Study 2020 – Final report. International Maritime Organisation. MEPC 75/7/15](#)
- 3 IPCC (2022). [Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change. AR6 Chapitre Transport. Intergovernmental Panel on Climate Change](#)
- 4 *Ibid.*
- 5 UNCTAD (2021). [Review of Maritime Transport 2021. United Nations Conference on Trade and Development](#)
- 6 UNCTAD (2019). [Review of Maritime Transport 2019. United Nations Conference on Trade and Development](#)
- 7 UNCTAD (2021). [Review \(...\), op. cit.](#)
- 8 Daniel, L., Adashi, T., Lee, S. (2022). [Shipbuilding market developments, first semester 2022. OECD](#)
- 9 Gyasi, K., Longley, A. (08/08/2022). [Oil Tankers See Strongest Market in Decades on Thirst for Fuels. Bloomberg](#)
- 10 Paris, C. (25/02/2022). [Next Threat to Prices : A Surge in Costs to Ship Products. The Wall Street Journal](#)
- 11 Milne, R. (08/09/2022). [Hard landing threat hangs over booming container shipping industry. Financial Times](#)
- 12 IMO (2018). [Adoption of the initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships and existing IMO activity related to reducing GHG emissions in the shipping sector. International Maritime Organisation](#)
- 13 IMO (2018). [Adoption of the initial IMO strategy \(...\), op. cit.](#)
- 14 Chamber, S. (13/06/2022). [VLSFO to HSFO price differential stands at record \\$538 per ton in Singapore. Splash](#)
- 15 Ovcina, J. (03/05/2021). [BIMCO : Steady rise in scrubber-fitted ships backs demand for HSFO. Offshore Energy](#)
- 16 Osipova, L., Georgeff, E., Comer, B. (2021). [Global scrubber washwater discharges under IMO's 2020 fuel sulfur limit. The International Council on Clean Transportation](#)
- 17 The Maritime Executive (20/10/2022). [Study : Open-Loop Scrubbers Contribute to PAH Pollution in the Baltic. The Maritime Executive](#)
- 18 North (09/09/2021). [No Scrubs : Countries and Ports where Restrictions on EGCS Discharges Apply. North](#)
- 19 The Editorial Team (21/01/2020). [New marine fuels blends emit more black carbon than HFO, study says. Safety4Sea](#)
- 20 Climate & Clean Air Coalition (n.d.). [Black carbon](#)
- 21 Mandra Ovcina, J. (12/09/2022). [DNV : Hydrogen likely to have limited uptake in deep-sea shipping. Offshore Energy](#)
- 22 *Ibid.*
- 23 GIIGNL (2022). [GIIGNL Annual Report 2022. International Group of Liquefied Natural Gas Importers](#)
- 24 IMO (2020). Reduction of GHG emissions from ships, *op. cit.*
- 25 Ushakov, S., Stenersen, D., Einang, P. M. (2019). [Methane slip from gas fuelled ships : a comprehensive summary based on measurement data. Journal of Marine Science and Technology, vol. 24, pp. 1308-1325](#)
- 26 T&E (13/04/2022). [Methane escaping from 'green' gas-powered ships fuelling climate crisis – Investigation. Transport & Environment](#)
- 27 IMO (2020). Reduction of GHG emissions from ships, *op. cit.*
- 28 Pavlenko, N., Comer, B., Zhou, Y., Clark, N., Rutherford, D. (2020). [The climate implications of using LNG as a marine fuel. The International Council on Clean Transportation](#)
- 29 La rédaction (18/09/2022). [Maritime : l'hydrogène exclu du transport longue distance. H2 Mobile](#)
- 30 ICS (2020). [Catalysing the fourth propulsion revolution. International Chamber of Shipping](#)
- 31 Hakiveric Prevljak, N. (04/02/2022). [World's first ammonia-ready vessel delivered. Offshore Energy](#)
- 32 IRENA, Methanol Institute (2021). [Innovation Outlook : Renewable Methanol. International Renewable Energy Agency](#)
- 33 Mandra Ovcina, J. (12/09/2022). [DNV : Hydrogen likely to have limited uptake in deep-sea shipping, op. cit.](#)
- 34 Reuters (05/10/2022). [Maersk orders six more vessels fuelled by carbon neutral methanol. Reuters](#)
- 35 Maersk (10/03/2022). [A.P. Moller - Maersk engages in strategic partnerships across the globe to scale green methanol production by 2025. Maersk](#)
- 36 Hakiveric Prevljak, N. (06/06/2022). [CMA CGM orders its first methanol-powered containerships. Offshore Energy](#)
- 37 The Maritime Executive (29/04/2022). [Yara Birkeland Begins Further Testing for Autonomous Operations. The Maritime Executive](#)
- 38 World Maritime News (26/09/2019). [Port of Antwerp Orders World's First Hydrogen-Powered Tug. Offshore Energy](#)
- 39 Stena Line (10/05/2021). [Stena Line challenges the shipping industry – by going electric. Stena Line](#)
- 40 C40 (01/2022). [Port of Los Angeles, Port of Shanghai, and C40 Cities announce partnership to create world's first transpacific green shipping corridor between ports in the United States and China. C40](#)
- 41 Office of the spokesperson (07/11/2022). [Launch of the Green Shipping Challenge at COP27. U.S. Department of State](#)
- 42 T&E (02/02/2022). [Rotterdam tops ranking of port carbon polluters. Transport & Environment](#)
- 43 Proposal for a [REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL](#) on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council
- 44 Hakiveric Prevlja, N. (14/04/2022). [UK's Port of Southampton opens its first shore power facility. Offshore Energy](#)
- 45 Bahtić, F. (11/01/2022). [NSW Government fast-tracks shore power project in Sydney. Offshore Energy](#)
- 46 Haropa Port (24/09/2021). [HAROPA PORT s'équipe pour alimenter les navires à quai en électricité et réduire leur empreinte environnementale. haropaport.com](#)
- 47 Gronholt-pedersen, J. (25/01/2022). [Maersk to tackle air pollution at ports with ship-charging buoys. Reuters](#)
- 48 <https://graindesail.com/fr/>
- 49 Région Bretagne (10/11/2021). [Bretagne : naissance d'une nouvelle filière de transport maritime à propulsion par le vent. bretagne.bzh](#)
- 50 Gouty, F. (13/06/2022). [Propulsion vélique : la nouvelle coopérative Windcoop parie sur le premier porte-conteneur à voiles. Actu Environnement](#)
- 51 <https://www.towt.eu/en/towt-home/>
- 52 International Transport Forum (2019). [ITF Transport Outlook 2019. OECD](#)
- 53 IPCC (2022). Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change, *op. cit.*
- 54 Waisman, H., et al. (2021). [Climate ambition beyond emission numbers: taking stock of progress by looking inside countries and sectors. Deep Decarbonization Pathways \(DDP\) Initiative, IDDRI](#)
- 55 UNCTAD (2020). [World Investment Report 2020. International production beyond the pandemic. United Nations Conference on Trade and Development](#)
- 56 Falk, S., Ruiz Hernanz, A., Seric, A., Steglich, F., Zagato, L. (2021). [The future of GVCs in a post-pandemic world. United Nations Industrial Development Organization](#)



# Le rail ferraille face aux vagues de chaleur

TANIA MARTHA THOMAS • Chargée de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

Si le rail est un des modes de transport les moins émetteurs, il est aussi l'un des plus vulnérables au changement climatique. L'année 2022 et sa succession de vagues de chaleur dans le monde a mis les lignes ferroviaires sous tension, même si la question est étudiée depuis bien plus longtemps. Si des pistes d'adaptation existent, y compris celles fondées sur la nature, leur adoption n'a pas été rapide jusqu'à présent, les mesures étant davantage prises pour répondre aux crises à court terme que pour s'adapter à plus long terme.



## PANORAMA DES DONNÉES

### La cartographie de l'électrification des réseaux ferrés

Le train est l'un des moyens de transport de passagers les moins émetteurs de gaz à effet de serre (GES) : en moyenne, son intensité carbone se situe autour de 15 gCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup> par passager-kilomètre<sup>a</sup>, moins d'un dixième de celle de grosses voitures ou de l'avion<sup>2</sup>. Son efficacité est similaire pour le transport de marchandises. Alors qu'il représente approximativement 9 % du transport mondial de passagers et 7 % du fret mondial<sup>3</sup>, le train ne totalise que 2,2 % de la consommation finale d'énergie du secteur des transports en 2021<sup>4</sup>, et 1,5 % de ses émissions directes de CO<sub>2</sub><sup>5</sup>. En 2021, les émissions mondiales directes du transport ferroviaire étaient de 96,8 MtCO<sub>2</sub>, en hausse par rapport à 2020 (89,91 MtCO<sub>2</sub>, soit une augmentation de 7 %), mais bien en dessous du pic atteint en 2019 (104,22 MtCO<sub>2</sub>)<sup>6</sup>. L'augmentation annuelle depuis 2019 des opérations ferroviaires au diesel étant inférieure à 1 %, et le rail électrique n'émettant pas directement de CO<sub>2</sub>, il n'est pas prévu que ces émissions atteignent à nouveau le niveau de 2019<sup>7</sup>.

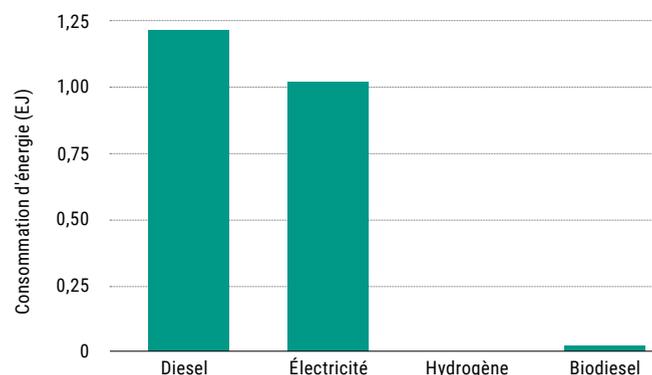
Face à des options limitées pour accroître les gains d'efficacité du matériel roulant, les stratégies de décarbonation des acteurs du secteur ferroviaire misent essentiellement sur l'électrification des lignes, une tendance qui a déjà connu des avancées ces dernières années – la part des voies ferrées électrifiées dans le monde est passée de 36,7 % en 2015 à 40,2 % en 2019<sup>8</sup>. Les taux d'électrification du rail pour le transport de passagers et de fret restent éloignés l'un de l'autre, le rail électrique représentant environ 80 % de l'activité de transport de passagers et environ la moitié des mouvements de fret.

De ce fait, la consommation finale d'énergie du transport ferroviaire en 2021 reste presque également répartie entre l'électricité et le diesel, le biodiesel ne représentant qu'une part minuscule, tandis que les développements des trains à pile à combustible (hydrogène) ne sont pas encore suffisamment significatifs<sup>9</sup> (FIG. 1).

FIGURE 1

### MIX ÉNERGÉTIQUE FINALE DU TRANSPORT FERROVIAIRE EN 2021

Source : Agence internationale de l'énergie, 2022



Des variations régionales et intrarégionales persistent toutefois dans les taux d'électrification ferroviaire. Si une part conséquente des réseaux européens est déjà électrifiée (plus de 60 % des lignes principales<sup>10</sup>), c'est en Europe occidentale que l'électrification est la plus élevée. Selon les données de la Commission européenne et du ministère allemand des transports et de l'infrastructure numérique, compilées par l'ONG Pro-Rail Alliance, la Suisse arrive en tête avec un taux d'électrification de 100 %, devant la Belgique avec 86 %. Les

a Le passager-kilomètre, qui correspond au transport d'un passager sur un kilomètre, est l'unité de référence pour mesurer un volume de transport de passagers. De même, la tonne-kilomètre correspond au transport d'une tonne de marchandise sur un kilomètre. Ces unités dépendent donc de l'empreinte carbone du moyen de transport utilisé ainsi que de son remplissage (en passagers ou en marchandises).

Pays-Bas, la Suède, l'Autriche, l'Italie, la Pologne et l'Espagne suivent, tandis que l'Allemagne se situe à 61 % – n'ayant augmenté son électrification ferroviaire que de 2 % entre 2009 et 2019<sup>11</sup>, et la France à 58 % – ayant augmenté de 0,22 % depuis 2014 et de 4 % depuis 2019<sup>12</sup>. La compagnie ferroviaire allemande Deutsche Bahn a annoncé en 2021 son objectif de neutralité climatique pour 2040, en l'avançant de dix ans par rapport à son objectif précédent. La société s'est également fixée pour objectif d'approvisionner ses usines, bureaux et gares à 100 % en énergie renouvelable en 2025. En 2021, elle a signé des accords d'achat d'énergie renouvelable avec Statkraft et RWE<sup>13</sup>. Pour sortir du diesel les « petites lignes » à faible trafic, la SNCF mise sur une stratégie dite d'« électrification frugale », qui s'appuie sur le développement des trains à batterie, et notamment pour des portions de voie qui seraient difficile à électrifier – comme a été fait avec le projet pilote de cette stratégie en déployant des trains à batteries sur le tronçon Aix-Marseille. Cette stratégie implique aussi une réflexion sur des besoins de chaque ligne, qu'elle soit plutôt parcourue par des passagers ou par du fret, et de choisir les options d'électrification en conséquence – caténaire ou autre<sup>14</sup>.

Dans toute l'Europe, des efforts sont déployés pour électrifier davantage de lignes ou développer des alternatives plus écologiques aux trains diesel. En Lituanie, ABB a remporté un contrat pour l'électrification de la ligne Vilnius-Klaipėda, dans le cadre d'un programme plus large visant à électrifier 39 % des lignes ferroviaires du pays (actuellement, seules 8 % sont électrifiées), et à assurer une meilleure interopérabilité avec le réseau européen<sup>15</sup>. Alstom et Avax vont travailler sur la modernisation de la ligne Thessalonique-Idoméni au nord de la Grèce, la ligne faisant partie du corridor paneuropéen X, qui relie Thessalonique à Budapest, en passant par la Macédoine du Nord, la Serbie et la Hongrie – un des principaux corridors de fret en Europe centrale et orientale<sup>16</sup>. La Hongrie mise sur les trains hybrides pour verdir son réseau<sup>17</sup>, et a récemment renforcé sa collaboration avec Alstom, avec la signature d'un accord de coopération stratégique, pour développer à la fois le secteur ferroviaire national et la production d'équipements dans les sites d'Alstom dans le pays<sup>18</sup>.

En parallèle de l'électrification qui avance, la crise énergétique en Europe a rajouté l'enjeu de sobriété aux priorités du secteur ferroviaire. Les opérateurs majeurs prennent des mesures pour réduire leur consommation d'énergie : la SNCF s'efforce de réduire la consommation d'énergie de ses trains en régulant leur vitesse, en utilisant une technologie de traction plus efficace, en coupant le moteur lors des arrêts et en réduisant la consommation d'énergie de ses bâtiments et de son chauffage<sup>19</sup>. La Deutsche Bahn a proposé aux employés une incitation à réduire la consommation d'énergie<sup>20</sup>, tandis que les Chemins de fer fédéraux suisses (CFF) réduisent la vitesse des trains, la température à l'intérieur des trains et l'éclairage dans les gares<sup>21</sup>.

Aux États-Unis, où le réseau ferroviaire est largement utilisé pour le fret mais moins pour les passagers, le taux d'électrification est inférieur à 1 %<sup>22</sup>. Sa progression future et sa rentabilité restent incertaines<sup>23</sup>, l'Association des chemins de fer américains affirmant que l'électrification caténaire du réseau est « irréalisable », tout en vantant les investissements dans les trains électriques à batterie<sup>24</sup>. De l'autre côté du monde, en Asie, l'électrification bat son plein. En mars 2022, l'Inde avait électrifié près de 80 % de son réseau<sup>25</sup>, tandis que le Pakistan et le Bangladesh modernisaient également leurs réseaux<sup>26</sup>. L'Asie du Sud-Est a progressé sur les deux fronts de l'électrification et de la construction de lignes à grande vitesse, comme en témoignent le développement de la ligne Jakarta-Bandung en Indonésie (ouverture prévue en 2023) ou les travaux de construction de la ligne Bangkok-Nong Khai en Thaïlande<sup>27</sup>.

Alors que l'électrification progresse, la source de l'électricité utilisée pour alimenter le train influe sans aucun doute sur l'empreinte carbone finale du transport ferroviaire, une préoccupation qui est prise en compte sur le continent africain<sup>28</sup> à mesure que de nouveaux projets ferroviaires voient le jour : au Sénégal, au Nigeria, au Kenya, en Guinée, et ailleurs. Si l'électrification ferroviaire sur le continent est actuellement de 15 %, de nouveaux projets sont en cours de développement, notamment ceux financés par l'initiative chinoise *Belt and Road*<sup>b</sup>, ou en concurrence, par des investissements européens à travers l'initiative Global Gateway<sup>29</sup>.



## L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

### Adapter le transport ferroviaire au réchauffement climatique pour rester sur les rails

Bien que le transport ferroviaire ait été identifié comme étant le moins vulnérable aux risques de responsabilité et de transition<sup>c</sup> en raison de sa part relativement faible d'émissions, la part modale du transport ferroviaire, tant pour les passagers que pour le fret, pourrait être affectée par l'augmentation du trafic dans les années à venir, au fur et à mesure que les mesures d'incitation actuelles se concrétiseront (comme celles qui font partie de la stratégie de mobilité intelligente et durable de l'UE, ou le Green Deal, pour exemple, ou même les politiques nationales et locales)<sup>30,31</sup>. Dans ce contexte, les opérateurs ferroviaires devraient être mieux préparés à gérer ce trafic supplémentaire, étant donné qu'ils sont exposés à des risques physiques liés aux impacts du changement climatiques.

<sup>b</sup> Voir Observatoire de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). *Climate Chance*.

<sup>c</sup> Selon la [proposition](#) de Mark Carney, ancien gouverneur de la Banque d'Angleterre, les risques dont font face les entreprises sont habituellement divisés en trois catégories : les « risques physiques », résultant des effets économiques incertains du changement climatique sur notre environnement ; les « risques de transition », résultant des effets de la mise en place d'un modèle économique bas carbone sur les acteurs économiques ; et les « risques de responsabilité », résultant des poursuites en justice lancées contre les acteurs lorsqu'ils sont tenus responsables d'inaction climatique.

### Peu de flexibilité et haute vulnérabilité

Le plus grand défi des chemins de fer face au changement climatique provient de la faible flexibilité de leurs infrastructures et de leurs opérations, qui sont très vulnérables aux extrêmes de température et aux phénomènes météorologiques intenses. La panne d'un seul élément peut entraîner des coûts de remplacement élevés et des interruptions de service prolongées<sup>32,33</sup>. Les températures et les précipitations, tantôt élevées tantôt basses, ainsi que les tempêtes peuvent avoir des effets sur diverses infrastructures ferroviaires, y compris les voies, la signalisation, le câblage caténaire, les structures de la voie (comme les ponts, les tunnels, les viaducs, etc.) et les structures en bordure de la voie (comme les remblais, les déblais, le drainage et la végétation) (FIG. 2).

Les effets des températures élevées peuvent, par exemple, se faire sentir directement sur les voies, par la dilatation thermique et le flambage des rails, ou sur les équipements électriques, par l'affaissement des câbles aériens. Dans la plupart des pays, les rails sont conçus pour fonctionner dans une fourchette de 45 °C, selon les conditions locales. En Grande-Bretagne, par exemple, les rails sont soumis à des tests de résistance à des températures allant jusqu'à 27 °C – une limite qui serait sans doute plus élevée dans un climat plus chaud – mais au-delà de laquelle ils restent exposés<sup>34</sup>. Les incendies de forêt peuvent également affecter les rails ou les bloquer lorsque la végétation autour des rails brûle (feux de talus). Les vents violents peuvent entraîner la chute de lignes électriques, d'arbres ou d'objets sur les voies, etc. Les fortes et faibles précipitations peuvent affecter les infrastructures environnantes, comme les pentes et les talus, par des glissements de terrain et des inondations, ou causer des dégâts d'eau sur les équipements.

Les exemples les plus récents de ces effets ont eu lieu en 2022, lorsque la canicule a lourdement entravé les infrastructures et les itinéraires des trains dans toute l'Europe. En France, cet été dernier, des problèmes de caténaire et de feux de talus ont

entraîné une coupure du service en Bretagne, et des coupures d'électricité dues à la canicule ont entraîné une suspension du trafic dans les Hauts-de-France. Calculant la température des rails, la SNCF, et la RATP à Paris, ont imposé des limitations de vitesse beaucoup plus basses aux trains et métros qu'elles exploitent, en raison du risque de déformation des rails dû à la chaleur<sup>35</sup>. De même, au Royaume-Uni, la vitesse des trains a été limitée dans le cadre d'une alerte rouge à la chaleur extrême<sup>36</sup>, deux fermetures de lignes principales ont eu lieu, des dommages ont été causés aux câbles aériens et des incendies se sont également propagés aux voies<sup>37</sup>.

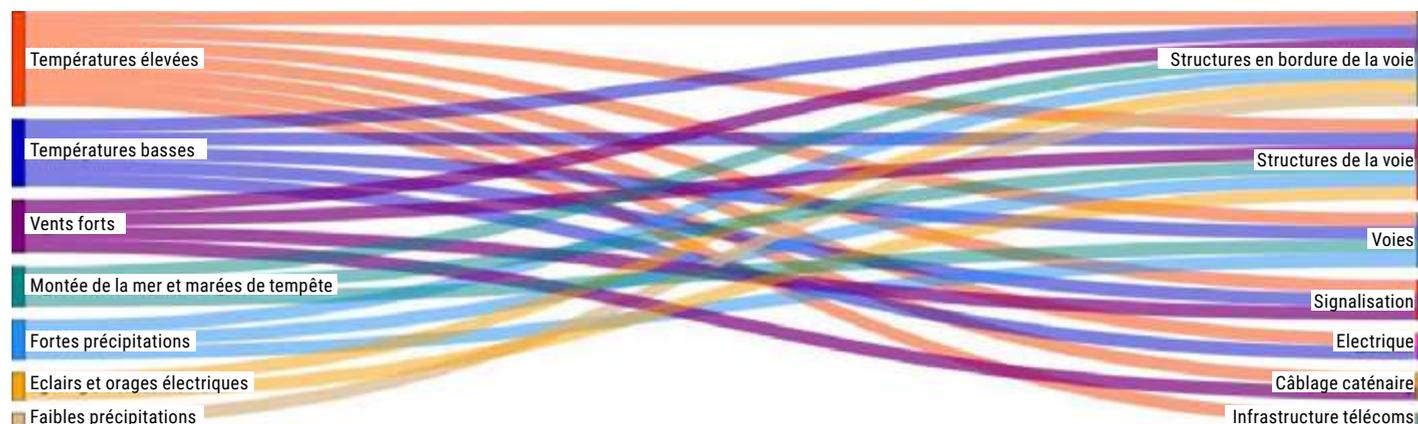
L'opérateur britannique Network Rail a rapporté la nécessité de reconstruire les infrastructures de remblai après des glissements de terrain, et la pression croissante sur les systèmes de drainage<sup>38</sup>. Ce problème est particulièrement important en Europe et en Amérique du Nord, où de nombreuses infrastructures ferroviaires datent parfois d'un siècle et demi, et sont donc encore moins adaptées aux changements climatiques<sup>39,40</sup>. En 2018, un glissement de terrain a provoqué un déraillement en Catalogne, entraînant un mort et plusieurs blessés<sup>41</sup>. En 2020, les fortes pluies ont entraîné un déraillement en Écosse, le premier accident ferroviaire mortel au Royaume-Uni depuis plus de dix ans. Les inondations de 2021 en Belgique et en Allemagne ont causé 1,3 milliard d'euros de dommages aux chemins de fer, par l'endommagement de passages à niveau, de ponts et de mâts de signalisation et d'électricité<sup>42</sup>.

Les coûts financiers de ces impacts augmentent chaque année, faisant passer les impacts du changement climatique de « désagréments » à « menaces sérieuses affectant chaque aspect de la structure de coûts d'un opérateur ferroviaire »<sup>43</sup>. En 2021, les incendies de Lava et Dixie aux États-Unis ont causé de graves dommages aux infrastructures du géant du fret Union Pacific, de l'ordre de 100 millions de dollars. À cela s'ajoute le chaos qui règne sur le réseau, car les trains ont dû être réacheminés et ont emprunté des détours qui ont quadruplé la durée des trajets et exigé la mobilisation de main-d'œuvre et de ressources supplémentaires<sup>44</sup>.

FIGURE 2

### RISQUES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES AFFECTANT LES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES

Source : Blackwood, Renaud & Gillespie, 2022



Dans le monde entier, les opérateurs ferroviaires doivent également adapter leurs opérations aux impacts climatiques, qu'il s'agisse de réacheminer ou de reprogrammer les trains, ou de réexaminer les priorités du transport. Dans le nord de l'Inde, la canicule de l'été 2022 a contraint la compagnie ferroviaire indienne à annuler plus de 1 100 trains de passagers et de courrier pour laisser la place à des trains transportant du charbon vers les centrales électriques du pays<sup>45</sup>. Si les horaires sont modifiés en raison des retards, les opérateurs demandent également aux passagers de limiter leurs déplacements en train<sup>46</sup>, ou de se préparer à des températures plus élevées<sup>47</sup>.

### Les solutions « grises » et « vertes » pour adapter les infrastructures

Les solutions « grises » ou « dures », dans le contexte de l'adaptation (principalement l'adaptation côtière jusqu'à présent), font référence aux solutions d'ingénierie, qui font appel à des constructions artificielles. En revanche, les solutions « vertes » ou « douces » font référence à l'utilisation de la nature, par des interventions à plus petite échelle, et peuvent même compléter les solutions grises<sup>48,49</sup>. Dans le contexte ferroviaire, la plupart des solutions adaptées jusqu'à présent ont été des solutions grises, tandis que l'utilisation de solutions vertes a été très limitée, avec très peu d'études à leur sujet<sup>50</sup>.

En cas de températures élevées affectant directement les rails, un exemple de solution couramment adoptée consiste à peindre les rails en blanc dans les zones où ils sont directement exposés au soleil et risquent donc de se dilater – comme cela a été fait en Allemagne, en Italie<sup>51</sup>, en Suisse<sup>52</sup> et au Royaume-Uni<sup>53</sup>, entre autres. En même temps, l'efficacité de cette méthode fait débat, avec des appels à une meilleure anticipation et préparation à la dilatation et au flambage des rails en utilisant des matériaux composites, ou des joints de dilatation des rails laissant suffisamment d'espace<sup>54,55</sup>. Network Rail a également eu recours au béton pour poser les rails plutôt qu'aux traditionnelles traverses ou pierres, le béton pouvant résister à des forces plus importantes<sup>56</sup>.

Les câbles électriques aériens peuvent être adaptés à des températures plus élevées en les installant avec des poids ou des ressorts pour compenser l'affaissement ou, dans le cas de câbles plus anciens, en ajustant leur hauteur et leur tension<sup>57</sup>. Si le ralentissement des trains est également une option, il comporte des risques de perturbation du trafic et de pertes potentielles pour l'opérateur. En général, dans le cas d'infrastructures comme les ponts et les viaducs, la protection la plus habituelle contre la surchauffe est l'utilisation de « *sprinklers* » – des systèmes d'arrosage automatique à eau – ou le remplacement des infrastructures existantes par des infrastructures faites de matériaux résistant à la chaleur<sup>58</sup>.

En réponse aux inondations et à l'élévation du niveau de la mer, les options grises incluent l'élévation des gares, l'installation de digues et de pompes, et la stabilisation des flancs de collines et des pentes. Bien que toutes ces options aient

été mises en pratique à des échelles variables, un problème commun souvent rencontré par les réseaux ferroviaires plus anciens est lié aux contraintes d'utilisation des sols, car les terrains entourant les voies ne sont souvent pas possédés par les opérateurs, ou très peu – ce qui conduit par exemple à des pentes extrêmement raides le long des lignes ferroviaires. Cela reste un facteur limitant qui empêche de nombreux opérateurs d'agir, tout comme l'âge global du réseau ferroviaire<sup>59,60</sup>.

C'est l'un des avantages que les solutions vertes pourraient avoir, étant relativement rentables et nécessitant des interventions plus petites. En outre, alors que les infrastructures grises se dégradent avec le temps, la végétation se renforce au fur et à mesure que les arbres et les plantes prennent racine<sup>61</sup>. Les corridors verts et la végétation pour l'ombrage ont été identifiés comme des moyens de réduire l'exposition directe au soleil, bien que la sélection d'espèces spécifiques et la gestion de la végétation soient cruciales pour garantir que les arbres ou les plantes ne deviennent pas une entrave ou ne bloquent pas les rails. Les plantations de brise-vent, la stabilisation biotechnique et la bio-ingénierie<sup>d</sup> des talus et des pentes sont également des solutions potentielles pour « verdir » les infrastructures grises<sup>62</sup>.

Bien que limités, il existe des exemples d'utilisation de tels mécanismes, comme la politique de biodiversité positive nette du programme de modernisation et d'extension de la Thameslink, qui a impliqué la construction de remblais de part et d'autre de la voie ferrée à Londres, en plantant des espèces de fleurs sauvages indigènes pour réduire le ruissellement<sup>63</sup>. La ligne Adelaide-Seaford en Australie a réalisé un projet de verdissement du corridor, en plantant des arbres le long de la ligne, mais ceux-ci ont finalement été déracinés pour l'électrification de la ligne – mettant en évidence les conflits potentiels entre les stratégies d'atténuation et d'adaptation dans le secteur. Bien que d'autres exemples aient été proposés et que des initiatives de plantation de végétation aient été menées, il n'y a pas suffisamment d'informations sur les avantages de ces initiatives en termes d'adaptation<sup>64</sup>.

L'adaptation spécifique à la région est également à prendre en compte, car les chemins de fer sont confrontés à des défis différents selon les zones géographiques<sup>65</sup>. Par exemple, en Égypte, les tempêtes de sable provoquent des problèmes sur les lignes ferroviaires, le sable s'accumulant et se déposant sur les voies. La société Egyptian National Railways, dès 1999, étudie la distribution du vent et la topologie pour apporter des modifications aérodynamiques aux pentes des remblais afin de protéger la ligne de fret Abou Tartour – Qena<sup>66</sup>.

Dans plusieurs projets de pays émergents, l'adaptation est intégrée dès le début des nouveaux projets ferroviaires. En effet, l'intégration de l'adaptation comme un critère dès la phase de conception est également moins coûteux<sup>67</sup>. En Inde, le projet de développement des *Dedicated Freight Corridor* (corridors dédiés au fret) prend des mesures d'adaptation

<sup>d</sup> La bio-ingénierie et la stabilisation biotechnique des pentes comprennent l'utilisation de la végétation afin de maintenir la stabilité et de réduire le risque d'érosion et de ruissellement, au lieu d'utiliser des gabions ou des clous de terre, par exemple.

proactives, contre le brouillard (communication avancée entre les signaux de voie et la cabine du train), les variations de température (définition de seuils, développement de systèmes d'alerte précoce et de capteurs sur les rails), et les inondations (définition de seuils et intégration de provisions climatiques dans les normes de construction)<sup>68</sup>. En Chine, la Railway Design Corporation met au point des mesures permettant aux lignes à grande vitesse de continuer à fonctionner dans des conditions de froid extrême, telles que des « remblais de gel-dégel », des matériaux antigel pour les ponts et autres ouvrages de génie civil, des interrupteurs pour faire fondre la glace et la neige, etc. En utilisant ces technologies, 2 659 km de rails avaient déjà été construits en 2017, et 2 572 km supplémentaires étaient en cours de construction en cette période<sup>69</sup>. En 2021, le pays a testé avec succès le train à grande vitesse Fuxing, capable de résister à des blizzards et à des températures allant jusqu'à -40 °C<sup>70</sup>.

### Adaptation au niveau institutionnel : une question d'appropriation des enjeux

Au niveau transnational, notamment en Europe, plusieurs initiatives ont été lancées pour étudier l'impact des conditions météorologiques extrêmes et du changement climatique sur le transport ferroviaire et les infrastructures connexes. En 2009, l'Union internationale des chemins de fer (UIC) a lancé le projet « Adaptation de l'infrastructure ferroviaire au changement climatique » (*Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change*, ARISCC<sup>71</sup>), dans le but d'instaurer une coopération entre les secteurs et les domaines professionnels, les météorologues et les climatologues travaillant avec les experts ferroviaires pour améliorer la préparation<sup>72</sup>. Les connaissances et les cas d'étude issus du programme ont ensuite été mis à disposition sur le site web dédié. L'UIC dispose également d'un document cadre – RAIL ADAPT – pour aider compagnies ferroviaires à s'adapter au changement climatique et soutenir les engagements nationaux en matière de climat<sup>73</sup>.

Diverses initiatives ont également été lancées au niveau européen, comme celles financées par la Commission européenne, telles que les programmes FP7 EWENT, FP7 WEATHER, FP7 SMART RAIL, MOWE-IT, ou le projet Horizon2020 Destination RAIL, qui ont toutes produit des résultats et des recommandations sur des sujets tels que les impacts, les conséquences et les coûts des conditions météorologiques extrêmes sur le rail, la modélisation des risques et les meilleures pratiques pour une gestion efficace de ces infrastructures et de leur maintenance<sup>74</sup>. Des initiatives de recherche existent également au niveau national, souvent menées par les gouvernements en partenariat avec les opérateurs ferroviaires et les parties prenantes concernées – comme le projet TRaCCA (*Tomorrow's Railway and Climate Change Adaptation*) au Royaume-Uni<sup>75</sup>. En Espagne, une initiative gouvernementale<sup>76</sup> travaillant avec tous les principaux acteurs du transport (y compris Renfe, la compagnie ferroviaire nationale) a étudié la vulnérabilité des infrastructures au changement climatique, afin de comprendre les besoins d'adaptation.

En s'appuyant sur ces connaissances et en travaillant dans des cadres institutionnels nationaux d'adaptation, les opérateurs ferroviaires ont adopté diverses stratégies, s'appro-

priant à des degrés divers les actions d'adaptation. Aux Etats-Unis, plusieurs opérateurs travaillent dans le cadre des programmes de l'administration fédérale des chemins de fer pour renforcer la résilience du secteur<sup>77</sup>. La SNCF effectue des inspections annuelles afin d'évaluer les mesures d'adaptation chaque été et travaille actuellement sur sa feuille de route d'adaptation dans le cadre du plan national d'adaptation<sup>78</sup>. Au Canada, dans le cadre de l'élaboration de la première stratégie nationale d'adaptation, le Programme d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur ferroviaire fournira jusqu'à 2,2 millions de dollars en financement de contribution aux chemins de fer canadiens pour partager les coûts de la recherche sur l'amélioration de sa résilience<sup>79</sup>. Network Rail, sur la base des conclusions de TRaCCA et de ses propres plans de résilience aux intempéries et d'adaptation du rail au changement climatique (*Weather Resilience and Climate Change Adaptation plans*, WRCCA), travaille sur son réseau<sup>80,81</sup>. Réagissant à la canicule de 2022, Network Rail a aussi lancé son « taskforce » sur la résilience, composé d'experts indépendants<sup>82</sup>.

Ainsi, alors que la plupart des opérateurs ferroviaires, nationalisés ou non, ont mis en place une stratégie d'adaptation au changement climatique, l'articulation de ces stratégies varie, allant d'actions dispersées ou d'une adoption plus large de stratégies nationales, à des stratégies détaillées et documentées des opérateurs. Parmi les facteurs qui influencent l'efficacité des stratégies d'adaptation sont les valeurs organisationnelles des opérateurs, les connaissances des vulnérabilités au changement climatique et l'intégration de ces connaissances dans les opérations quotidiennes, et la prise en compte simultanée d'actions d'adaptation et d'atténuation<sup>83</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Le transport ferroviaire est actuellement l'un des modes de transport relativement plus écologiques, tant pour le fret que pour les passagers, et il est en passe de le devenir davantage au fur et à mesure que l'électrification ferroviaire progresse – bien qu'à des rythmes variables selon les régions, et toujours à relativiser selon la composition du mix électrique. Cependant, alors que les effets du changement climatique commencent à se faire sentir, le secteur du rail se trouve vulnérable aux interruptions coûteuses et aux dommages causés aux infrastructures. Alors que des solutions « grises » à court terme sont adoptées en réponses immédiates aux crises, des opérateurs ferroviaires ont déjà entamé des réflexions de plus long terme visant par exemple l'intégration d'options plus « vertes » et fondées sur la nature. L'intégration des critères d'adaptation dans la conception des projets avant leur lancement fait son apparition dans les pays en développement. Si la production de connaissances sur l'adaptation du secteur du transport ferroviaire progresse, la mise en œuvre de ces recommandations est ralentie par plusieurs obstacles, notamment les questions de propriété foncière ou d'appropriation des enjeux de l'adaptation dans les cadres institutionnels nationaux.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 AIE, UIC (2017). [Railway Handbook 2017](#). Agence internationale de l'énergie, Union Internationale des Chemins de fer
- 2 SLOCAT (2021). [Tracking Trends in a Time of Change : The Need for Radical Action Towards Sustainable Transport Decarbonisation](#). Transport and Climate Change Global Status Report – 2nd edition. SLOCAT.
- 3 AIE (2019). [The Future of Rail](#). Agence internationale de l'énergie.
- 4 Enerdata (2021). Global Energy & CO2 data. Enderdata.
- 5 Ibid.
- 6 Ibid.
- 7 AIE (2022). [Rail](#). Agence Internationale de l'Energie.
- 8 SLOCAT (2021). Tracking Trends in a Time of Change..., op. cit.
- 9 AIE (2022). Rail, op. cit.
- 10 Commission européenne (2017). [Electrification of the Transport System : Studies and Reports](#). Commission européenne.
- 11 Allianz pro Schiene (25/10/2021). [Deutschland fällt bei E-Mobilität auf Gleisen zurück](#). Allianz pro Schiene.
- 12 DataLab (2021). [Chiffres clés du transport – Edition 2021](#). Ministère de la Transition écologique.
- 13 Meza, E. (17/06/2021). [German railway accelerates transformation towards climate neutrality](#). Clean Energy Wire.
- 14 SNCF (02/06/2022). [L'électrification frugale pour décarboner les petites lignes](#). SNCF.
- 15 Artymiuk, S. (21/10/2022). [Vilnius-Klaipeda electrification contract signed](#). International Rail Journal.
- 16 Papatolios, N. (17/03/2022). [Alstom undertakes railway infrastructure upgrades in Greece](#). RailFreight.com
- 17 Zasiadko, M. (15/05/2020). [Hungarian Railways focuses on hybrid trains](#). RailTech.com
- 18 Robinson, E. (18/10/2022). [Alstom sign Strategic Cooperation Agreement with the Government of Hungary](#). Global Railway Review.
- 19 SNCF (30/09/2022). [Notre engagement au service de la sobriété énergétique](#). SNCF.
- 20 DW (08/02/2022). [Deutsche Bahn offers staff bonus to save energy](#). Deutsche Welle.
- 21 Augusteijn, N. & Steffers, K. (21/10/2022). [SBB taps the brakes in bid to save energy](#). RailTech.com
- 22 Nunno, R. (30/05/2018). [Electrification of U.S. Railways : Pie in the Sky, or Realistic Goal?](#) Environmental and Energy Study Institute.
- 23 Hoecker, J. et al (2022). [Rail Electrification in North America : Benefits and Barriers](#). Rail Electrification Council.
- 24 AAR (2021). [Freight Railroads and Climate Change](#). Association of American Railroads.
- 25 Central Organization for Railway Electrification (2022). [Home](#). Indian Railways.
- 26 Raina, A. et al (2022). [Railways in Developing Countries : A Global Review](#). Mobility and Transport Connectivity Series, Transport Global Practice. World Bank.
- 27 Clark, J. (18/10/2022). [Southeast Asia Railways Report – 2022 edition](#). Future Southeast Asia.
- 28 Filou, E. (06/07/2022) [How can Africa's under-developed railway network become one of the most modern in the world?](#) Electric & Hybrid Rail Technology.
- 29 Van Gaal, W. (14/04/2022). [Scepticism in Africa about the EU's green connectivity plan](#). EUObserver.
- 30 Chapuis, R., Delporte, T., & Lotz, C. (2022). [Boosting passenger preference for rail](#). McKinsey.
- 31 Chapuis, R. et al. (2022). [Bold moves to boost European rail freight](#). McKinsey.
- 32 Palin, E. J., Oslakovic, I. S., Gavin, K., Quinn, A. (2021). [Implications of climate change for railway infrastructure](#). WIREs Climate Change, vol. 12 (5).
- 33 Blackwood, L., Renaud, F. G., Gillespie, S. (2022). [Nature-based solutions as climate change adaptation measures for rail infrastructure](#). Nature-Based Solutions, vol. 2
- 34 Topham, G. (19/07/2022). [Why do Britain's roads melt and its rails buckle in heat?](#) The Guardian.
- 35 Slavicek, M. (23/07/2022). [Comment la canicule malmène les infrastructures ferroviaires et oblige les trains à rouler au ralenti](#). Le Monde.
- 36 Austin, K. & Race, M. (18/07/2022). [Train speeds limited over track buckling heatwave fears](#). BBC.
- 37 Topham, G. (20/07/2022). [Britain's rail services severely disrupted as heatwave damage is repaired](#). The Guardian.
- 38 Network Rail (28/01/2022). [Climate change and resilience report outlines future rail challenges](#). Network Rail.
- 39 Palin, E.J., et al (2021). Implications of climate change; op. cit.
- 40 Campbell, L. (08/04/2022). [Climate Change Poses a Huge Threat to Railroads. Environmental Engineers Have Ideas for How to Combat That](#). Inside Climate News.
- 41 MOMIT (18/12/2019). [December 19, 2018. Multi-scale Observation and Monitoring of Railway Infrastructure Threats](#).
- 42 Georgiadis, P. & Plimmer, G. (27/12/2021). [Climate change's challenge to UK's ageing railways](#). Financial Times.
- 43 Chavez, S. (16/09/2021). [Wildfires and 'violent' weather leave railroad giant facing \\$100m bill](#). Financial Times.
- 44 Ibid.
- 45 Sharma, M. (05/05/2022). [Power crisis : Train cancellations continue to facilitate movement of coal rakes](#). India Today.
- 46 Topham, G. (15/07/2022). [Rail passengers urged to avoid train travel in extreme UK heatwave](#). The Guardian.
- 47 Fleitour, G. (14/06/2022). [Face aux fortes chaleurs et risque de canicule, que prévoit la SNCF pour vos trajets en train ?](#) Ouest France.
- 48 Hausmann, H. (18/08/2019). [Soft vs Hard Engineering for Coastal Defense Adaptation](#). Climate Institute.
- 49 Blackwood, L. et al. (2022). Nature-based solutions as climate change..., op. cit.
- 50 Ibid.
- 51 Railway Technology (04/12/2019). [Cool runnings : is white paint the perfect solution to overheated tracks?](#) Railway Technology.
- 52 SWI (18/07/2018). [Swiss railway field tests white paint to keep tracks from buckling](#). Swissinfo.ch
- 53 Network Rail (n.d.). [Hot weather and the railway](#). Network Rail.
- 54 Le Figaro, AFP (22/09/2022). [Cadence lente, peinture blanche... Comment le train d'adapte au réchauffement climatique](#). Le Figaro.
- 55 Howe, B. (2017). [Railway equipment – Adapting to climate change \[slides\]](#). UIC.
- 56 Network Rail (n.d.). Hot weather and the railway, op. cit.
- 57 Ibid.
- 58 Blackwood, L. et al. (2022). Nature-based solutions as climate change..., op. cit.
- 59 Campbell, L. (08/04/2022). Climate Change Poses..., op. cit.
- 60 Palin, E.J., et al (2021). Implications of climate change; op. cit.
- 61 Campbell, L. (08/04/2022). Climate Change Poses..., op. cit.
- 62 Blackwood, L. et al. (2022). Nature-based solutions as climate change..., op. cit.
- 63 Oppla (2021). [Thameslink Programme : Bermondsey Dive Under](#). Oppla.
- 64 Campbell, L. (08/04/2022). Climate Change Poses..., op. cit.
- 65 Wang, T. et al. (2020). [Impact analysis of climate change on rail systems for adaptation planning : A UK case study](#). Transportation Research part D : Transport and Environment, vol 83.
- 66 UIC (2017). [Rail Adapt : Adapting the railway for the future](#). Union Internationale de chemins de fer.
- 67 Dépoues, V. (24/07/2022). [Pourra-t-on faire rouler les trains à la prochaine canicule ?](#) Libération.
- 68 Goetsch, H., Harinath, A.S. & Lawrence, M. (23/07/2019). [How do you build future-proof](#)



[railways in a changing climate?](#) *World Bank Blogs*.

69 UIC (2017). *Rail Adapt : Adapting...*, *op. cit.*

70 SCIO (17/08/2021). [Cold-capable Fuxing bullet train tests new line](#). *State Council Information Office, People's Republic of China*.

71 ARISCC (n.d.). [Home. Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change](#).

72 Climate ADAPT (n.d.). [Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change](#). *Climate ADAPT*.

73 UIC (2017). *Rail Adapt: Adapting...*, *op. cit.*

74 Palin, E. J. et al (2021). *Implications of climate change...*, *op. cit.*

75 ARUP (n.d.). [Increasing knowledge of the impacts of climate change](#).

76 CEDEX. (2013). [Working group for the analysis of the climate change adaptation needs of the core network of transport infrastructure in Spain. Final report](#). *CEDEX*.

77 FRA (03/10/2022). [Rail Climate Considerations](#). *Federal Railroad Administration*.

78 L'Express (07/08/2022). [Comment la SNCF s'adapte-t-elle aux vagues de chaleur et à la canicule ?](#) *L'Express*.

79 Transport Canada (05/07/2022). [Minister of Transport announces new measures to address extreme weather and climate change impacts on rail infrastructure](#). *Government of Canada*.

80 Dépoues, V. (2017). [Organizational uptake of scientific information about climate change by infrastructure managers : the case of adaptation of the French railway company](#). *Climatic Change*, Springer Verlag.

81 Network Rail (n.d.). [Climate change adaptation](#). *Network Rail*.

82 Network Rail. (20/07/2022). [Network Rail launches resilience taskforce in wake of record-breaking heatwave](#). *Network Rail*.

83 Palin, E.J., et al (2021). *Implications of climate change*; *op. cit.*



TENDANCES  
TRANSPORT URBAIN

# Au-delà de la motorisation, les villes réorganisent l'espace urbain pour une mobilité bas carbone

**SAMUEL LAVAL** • Chargé de politiques de décarbonation des transports au ministère de la Transition énergétique, ancien membre de l'Observatoire Climate Chance

2022 n'est pas (encore) l'année de la fin de la voiture en ville. Si, d'un côté, les municipalités s'efforcent de verdir leurs flottes de transports publics, grâce à des bus électriques et hybrides, elles cherchent aussi à diminuer l'importance relative de la voiture. La place de l'automobile dans la mobilité urbaine s'amenuise, voire disparaît parfois dans certains quartiers, à certaines heures, selon certaines conditions de motorisation. Alors que la mobilité active gagne du terrain, la bicyclette et la marche à pied ont le vent dans le dos.



## PANORAMA DES DONNÉES

### D'un continent à l'autre, différents chemins pour un même but : le verdissement des transports en commun

Alimenté à 97 % par des combustibles fossiles, le secteur des transports est aujourd'hui responsable d'environ un quart des émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à l'énergie<sup>1</sup>. Entre 2000 et 2019, les émissions des transports dans le monde ont augmenté de 17,2 %. 40 % de ces émissions proviennent de la mobilité urbaine<sup>2</sup>.

Les autorités locales, et en premier lieu les villes, sont donc aux premières loges pour mener des politiques de réduction des émissions de la mobilité urbaine. Nombre d'entre elles se sont fixé des objectifs ambitieux en ce sens. Copenhague vise la neutralité carbone pour 2025, Manchester souhaite que la moitié des trajets de l'agglomération se fassent en transports en commun ou en modes actifs (marche ou vélo) en 2040<sup>3</sup>, tout comme Buenos Aires qui veut promouvoir la mobilité « saine » en encourageant les piétons et les cyclistes (**CF. CAS D'ÉTUDE BUENOS AIRES**). Le plan climat de Bogota mise en grande partie sur la mobilité urbaine pour atteindre la neutralité carbone en 2050, en réduisant le kilométrage parcouru par les véhicules de 10 % en 2050<sup>4</sup>. Ces actions s'inscrivent dans la tendance générale des villes qui adoptent des objectifs de neutralité carbone – par exemple, 1 143 villes font partie de

l'initiative *Cities Race to Zero*, et se sont engagées à atteindre « zéro émission nette » en 2040 ou avant<sup>5</sup>.

En 2020 et 2021, la pandémie de Covid-19 et les mesures de restriction des déplacements qui ont suivi ont fortement impacté les transports urbains : le transport est le seul grand secteur dont le niveau d'émissions en 2021 est resté bien en-dessous du niveau de 2019 (environ 600 Mt de moins), davantage fruit de la baisse d'activité que des efforts de décarbonation<sup>6</sup>.

Pour autant, des initiatives essaient. Un levier en particulier est désormais mobilisé par les villes souhaitant réduire leur pollution urbaine et les émissions liées aux transports, sur tous les continents : l'électrification des véhicules publics roulant sur le territoire. En effet, les ventes de bus électriques ont bondi de 40 % dans le monde, et porté leur nombre à environ 4 % du parc roulant total<sup>7</sup>. Cette hausse s'explique par des facteurs variant d'un continent à l'autre : réglementations dans l'Union européenne, subventions en Asie et programmes de financement répondant à une forte demande des villes en Amérique du Sud.

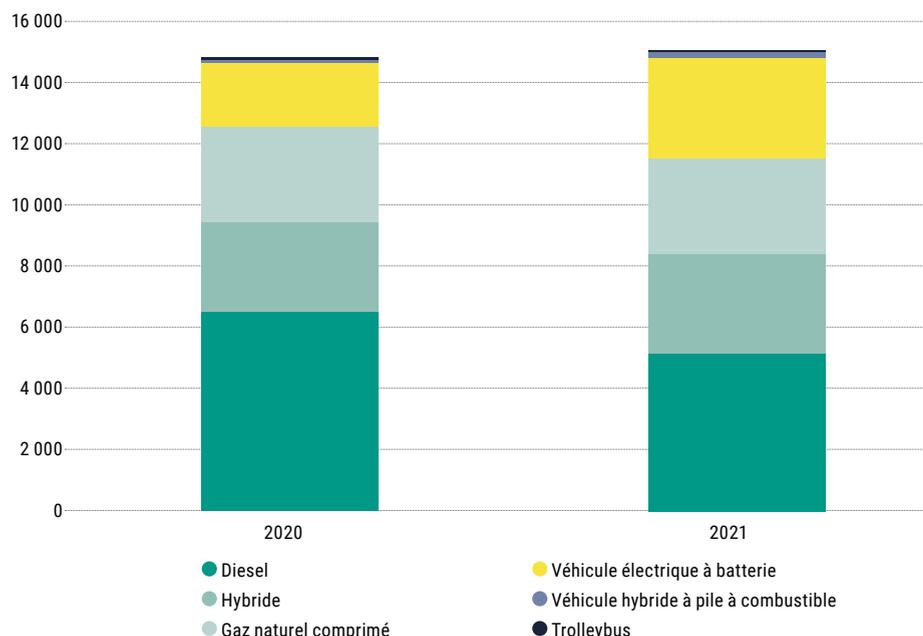
En Europe, en plus d'une offre élargie et d'un coût total de possession comparable à un bus diesel grâce à des prix de l'électricité relativement bas, c'est principalement le levier réglementaire qui pousse le boom récent des ventes de bus électriques. La révision de la directive européenne « véhicules propres », adoptée en 2019 et entrée en vigueur en août 2021, a instauré des proportions minimales d'incorporation de « véhicules propres »<sup>8</sup> et de véhicules lourds à émissions nulles (électrique ou hydrogène) dans le renouvellement

a La directive inclut sous cette appellation les véhicules roulant au gaz, aux biocarburants, à batterie électrique, à hydrogène et les véhicules hybrides.

**FIGURE 1**

**NOMBRE DE BUS IMMATRICULÉS EN 2020 ET 2021 EN FONCTION DE LEUR MOTORISATION**

Source : UITP, d'après les données de Chatrou Solutions. Données pour l'UE + RU + Islande + Suisse + Norvège



des flottes publiques. Ces taux varient d'un pays à l'autre et d'un type de véhicule à l'autre (voitures, utilitaires, bus...). Par exemple, entre août 2021 et décembre 2025, treize États membres doivent incorporer 45 % de bus propres dans leurs commandes publiques, dont la moitié « à émissions nulles », tandis que cet objectif est fixé à 24 % pour la Roumanie ou encore à 27 % pour la Croatie. Résultat, la part des bus électriques dans les nouvelles immatriculations au sein de l'UE a bondi : de 12 % en 2019 et 15 % en 2020, elle a atteint 22 % en 2021<sup>9</sup> (FIG. 1). Trois pays ont acheté pour la première fois plus de 500 bus électriques en 2021, représentant à eux trois près de la moitié des 3 282 nouveaux bus électriques achetés en Europe : l'Allemagne (555), le Royaume-Uni (540) et la France (512). La flotte totale de bus électriques en circulation sur le continent dépassait 9 000 unités fin 2021, soit près de six fois plus qu'en 2017. Certaines villes s'illustrent particulièrement dans cette dynamique, atteignant 70 % (Amstelland-Meerlanden, Pays-Bas), 65 % (Osnabrück, Allemagne) ou 62 % (Jaworzno, Pologne) de leur flotte en électrique. Une Plateforme des bus propres en Europe a été créée en ligne pour suivre l'application de la directive et aider les villes<sup>9</sup>, les autorités et les opérateurs de transport, les constructeurs et les organismes de financement à échanger des savoir-faire et des bonnes pratiques pour accélérer le déploiement de « bus propres »<sup>10</sup>.

Cependant, la reine des motorisations alternatives parmi les bus européens reste le gaz, dont les équipements sont moins chers à l'achat et qui peut être aisément substitué par du biogaz à l'empreinte carbone inférieure. Le gaz naturel pour véhicules (GNV) représente environ deux tiers de la flotte de bus à motorisations alternatives recensée par l'European Alternative Fuels Observatory (EAFO)<sup>11</sup>, bien qu'un léger ralentissement semble avoir eu lieu l'année dernière : l'EAFO a relevé le plus faible nombre de bus au gaz immatriculés

en 2021 depuis au moins 2008. Les villes françaises utilisent particulièrement cette source d'énergie : en 2021, 54 % des plus de 3 000 nouvelles immatriculations relevées dans le monde ont eu lieu en France, où le constructeur Iveco est leader européen<sup>12</sup>.

En Chine et en Inde, les subventions publiques permettent de stimuler une offre locale. En Chine, les bus électriques bénéficient de la politique volontariste du gouvernement pour toute la mobilité électrique<sup>13</sup>. Fabriqués par les deux constructeurs géants BYD et Yutong, les 378 000 bus électriques du pays représentent 98 % de la flotte actuellement en service dans le monde<sup>14</sup>, et 17 % de la flotte totale de bus dans le pays. En Inde, des subventions du gouvernement (FAME – *Faster Adoption and Manufacturing of Electric Vehicles*) ont permis l'acquisition de 6 265 bus électriques en 2021<sup>15</sup>. D'autres programmes locaux de subventions ont fait de même, comme dans l'État Kerala (50 bus électriques) ou dans la ville de Pune (350 bus électriques)<sup>16</sup>.

En Amérique latine, des programmes de financements internationaux permettent de concrétiser les objectifs ambitieux affichés par les États et les villes pour l'acquisition de bus « zéro émission » uniquement (Chili et Colombie en 2035, Uruguay en 2040...). Financé par l'*International Council on Clean Transportation* (ICCT) et le réseau de villes C40, le projet Zebra (*Zero Emission Bus Rapid deployment Accelerator*) rassemble villes, constructeurs et opérateurs pour accélérer la conversion des flottes de bus dans les grandes villes du continent (Mexico City, Medellin, Sao Paulo, Santiago du Chili...). Bogota, ville d'Amérique latine qui possède le plus grand parc de bus électriques, avec plus de 1 000 bus en 2021, a officialisé une commande de plus de 400 nouvelles unités au groupe français Transdev en avril 2022<sup>17</sup>. Au total,

2 564 bus électriques à batterie roulaient en Amérique latine en février 2022<sup>18</sup>. Ce nombre devrait encore augmenter en 2023 – par exemple, la région du Grand Santiago, au Chili, doublera sa flotte actuelle de 800 autobus grâce à l'acquisition de nouveaux bus électriques, dont la mise en service est prévue pour le début de l'année<sup>19</sup>.

En parallèle, le projet TUMI, porté par ICLEI, C40, SLOCAT, WRI ou encore UN Habitat, soutient l'électro-mobilité dans les villes du Sud. Dans le cadre de la *TUMI E-bus Mission*, initiée en septembre 2019, Bogota, Mexico, Kampala, Jakarta, Mumbai et quatre autres villes indiennes font partie des 20 « *Deep Dive Cities* » qui ont été sélectionnées pour recevoir un soutien afin de développer et de mettre en œuvre des feuilles de route individuelles en matière de bus électriques. Plus de 100 villes bénéficiaires devraient être formées à l'intensification du déploiement des autobus électriques avant fin 2022. La mission vise à déployer 100 000 bus dans 500 villes d'ici 2025 et à réduire les émissions de 15 millions de tonnes de CO<sub>2</sub><sup>20,21</sup>.

Ainsi, tous ces efforts, couplés à l'électrification galopante des véhicules légers (CF. TENDANCE « ROUTIER »), permettent de « verdir » les flottes publiques, mais ne changent en rien la tendance dominante : la voiture reste, dans l'ensemble, reine. En 2020, le constat de la Cour des comptes européenne dans son rapport spécial sur la mobilité urbaine était sans appel : « *Bien que les villes aient mis en place une série d'initiatives pour développer la qualité et la quantité des transports publics, il n'y a pas eu de réduction significative de l'utilisation des voitures privées. Certains indicateurs de la qualité de l'air se sont légèrement améliorés, mais les émissions de gaz à effet de serre dues au transport routier n'ont cessé d'augmenter* »<sup>22</sup>. Un constat que n'a sûrement pas arrangé l'irruption du Covid-19 : en France par exemple, l'essor du télétravail et la peur des contaminations ont permis à la voiture de gagner en part modale en 2021<sup>23</sup>, pour la première fois depuis de nombreuses années.

De plus, l'explosion du e-commerce au moment du Covid, qui semble se pérenniser, a certainement augmenté le trafic urbain. En effet, le secteur a fortement progressé : 80 % des répondants à une enquête menée à Hanoi déclaraient avoir davantage recours au commerce en ligne qu'avant le Covid<sup>24</sup>. De plus, il s'est ouvert à de nouveaux clients (personnes âgées par exemple) et à de nouveaux produits (alimentaire<sup>25</sup>).

Ainsi, devant la difficulté à massifier le report modal et à réduire la place de la voiture en ville, l'action sur la motorisation des transports en commun apparaît nécessaire, mais loin d'être suffisante. En complément, les municipalités tentent de se réorganiser spatialement et géographiquement, afin de donner plus d'espace aux mobilités alternatives à la voiture, de créer des bulles apaisées, voire de réduire les besoins de mobilité de leurs habitants.



## L'organisation spatiale : nouveau nerf de la guerre de l'apaisement du trafic urbain

L'allocation de l'espace urbain fait l'objet d'une compétition entre les différents usages de la ville : habitat, déplacements, loisirs, commerces, services... Pour ce qui est du XX<sup>e</sup> siècle, le gagnant est clair : la voiture a peu à peu grignoté la ville, jusqu'à occuper plus de la moitié de l'espace public dans nombre d'entre elles. Au XXI<sup>e</sup> siècle, le match pourrait être plus serré : les villes s'efforcent de redonner un peu d'air aux autres modes de transport, quitte à restreindre l'accès aux voitures, voire à l'interdire. Les villes « redistribuent les espaces publics »<sup>26</sup>, tant pour des raisons environnementales que sociales<sup>27</sup>, en allouant davantage d'espaces aux infrastructures pour vélos et piétons. Cette tendance, qui existait avant mais qui a été renforcée pendant la pandémie de Covid-19, a vu plusieurs villes, comme Paris<sup>28</sup>, Amsterdam<sup>29</sup>, ou même Melbourne<sup>30</sup>, commencer à éliminer des espaces de parking de voitures, et les remplacer par des pistes cyclables, des trottoirs améliorés, ou même des espaces verts.

### Infrastructures cyclables : après les mesures d'urgence, le temps de la pérennisation

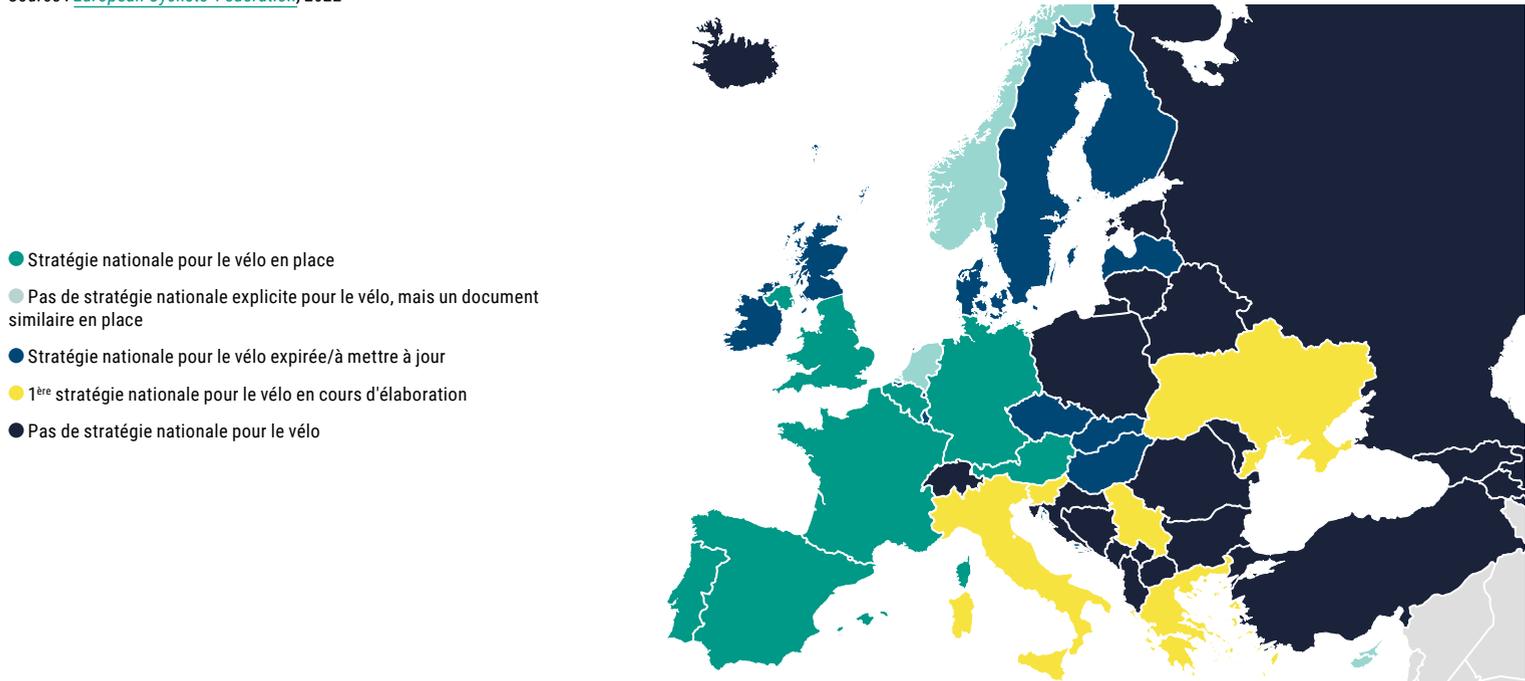
Le boom du vélo observé pendant les premiers confinements dans de nombreuses villes, encouragé par la mise en place rapide de nouvelles pistes cyclables pour éviter les affluences et les contaminations au Covid-19 dans les transports en commun, semble se maintenir.

De nombreuses villes ont décidé ou prévoient de pérenniser ces pistes pensées au départ pour être provisoires : Bogota (qui est en train de mettre en place son système de vélos en libre-service), Paris, Sydney<sup>31</sup>, Mexico City<sup>32</sup>, Toronto<sup>33</sup>... Pour certaines, ces aménagements décidés à la hâte ont fait naître des politiques de planification pour les mobilités actives. Après avoir fermé plus de 160 km de rues aux voitures pendant les confinements (en faveur des piétons, des vélos et des terrasses des bars et restaurants), la ville de New York a fixé comme objectif de convertir 25 % des espaces dédiés à la circulation des voitures en espaces piétons, cyclables, espaces verts ou bien en voies dédiées aux bus dans son plan NYC 25x25<sup>34</sup>. Toujours aux États-Unis, la ville de Los Angeles cherche à rendre permanent son programme « *Slow Streets* », mis en place pendant la pandémie<sup>35</sup>. La ville de Minneapolis s'est également employée à entretenir et à améliorer les infrastructures cyclables, même avant la pandémie. Elle compte déjà plus de 400 km de pistes cyclables et prévoit d'en ajouter 220 km d'ici 2050<sup>36</sup>. Selon la *League of American Bicyclists*, la plus grande organisation de plaidoyer en faveur du vélo du pays, Boston, Chicago, Austin, Oakland et Missoula sont les villes qui ont connu une augmentation exceptionnelle des déplacements à vélo au cours de la dernière décennie, grâce à une meilleure planification et au développement d'infrastructures cyclables plus sûres<sup>37</sup>.

**FIGURE 2**

**AVANCEMENT DES STRATÉGIES NATIONALES POUR LE VÉLO EN EUROPE**

Source : *European Cyclists' Federation, 2022*



Alors que l'importance d'un portage politique fort pour accélérer la pratique du vélo est désormais acquise dans de nombreuses villes<sup>38</sup>, de multiples aides et subventions en faveur du vélo ont été mises en place pour accompagner et renforcer ces nouvelles pratiques. L'*European Cyclists' Federation* (ECF) recense près de 300 incitations fiscales ou aides à l'achat mises en place en Europe par les autorités nationales, régionales ou locales, un chiffre qui a « *augmenté significativement* » depuis 2019<sup>39</sup>. Le marché croît très vite sur le continent : 13,5 millions de vélos ont été fabriqués au sein de l'UE en 2021, soit 10 % de plus qu'en 2020 et 11 % de plus qu'en 2019<sup>40</sup>, et 22 millions de vélos ont été vendus sur le continent en 2021, les ventes les plus élevées jamais enregistrées<sup>41,42</sup>.

Malgré ce boom, l'objectif de doublement de la pratique du vélo, adopté par une cinquantaine de pays européens lors de la conférence pan-européenne de l'OMS à Vienne en 2021, n'est pas assurée. Dans son rapport sur les stratégies nationales en faveur du vélo<sup>43</sup>, ECF constate qu'en dépit de l'augmentation du nombre de pays dotés de stratégies vélo depuis l'adoption pionnière de celle des Pays-Bas en 1990, plus de la moitié des pays du continent européen en sont toujours dépourvus (**FIG. 2**). Le vice-président de la Commission européenne, Frans Timmermans, a annoncé vouloir dévoiler en automne 2022 une initiative conjointe de l'exécutif européen et des eurodéputés pour développer fortement le vélo en Europe, tant dans son usage que dans sa fabrication<sup>44</sup>.

Parmi les 23 stratégies adoptées, la plupart (12) en sont à leur première itération au niveau national. Mise à part l'Irlande du Nord qui planifie sa politique cyclable sur 25 ans (2015-2040), toutes ont un horizon temporel de moins de dix ans. Presque toutes projettent de favoriser l'intermodalité entre le vélo et les autres modes de transport, modifier le code de la route pour rendre le vélo plus sûr, étendre le réseau d'infrastructures cyclables, financer des projets pilotes pour développer le vélo ou encore faciliter l'échange de bonnes pratiques entre différents acteurs<sup>45</sup>. Onze des stratégies nationales fixent également des objectifs concrets pour augmenter la part modale du vélo, comme l'Autriche, qui vise au moins 13 % d'ici 2025<sup>46</sup>.

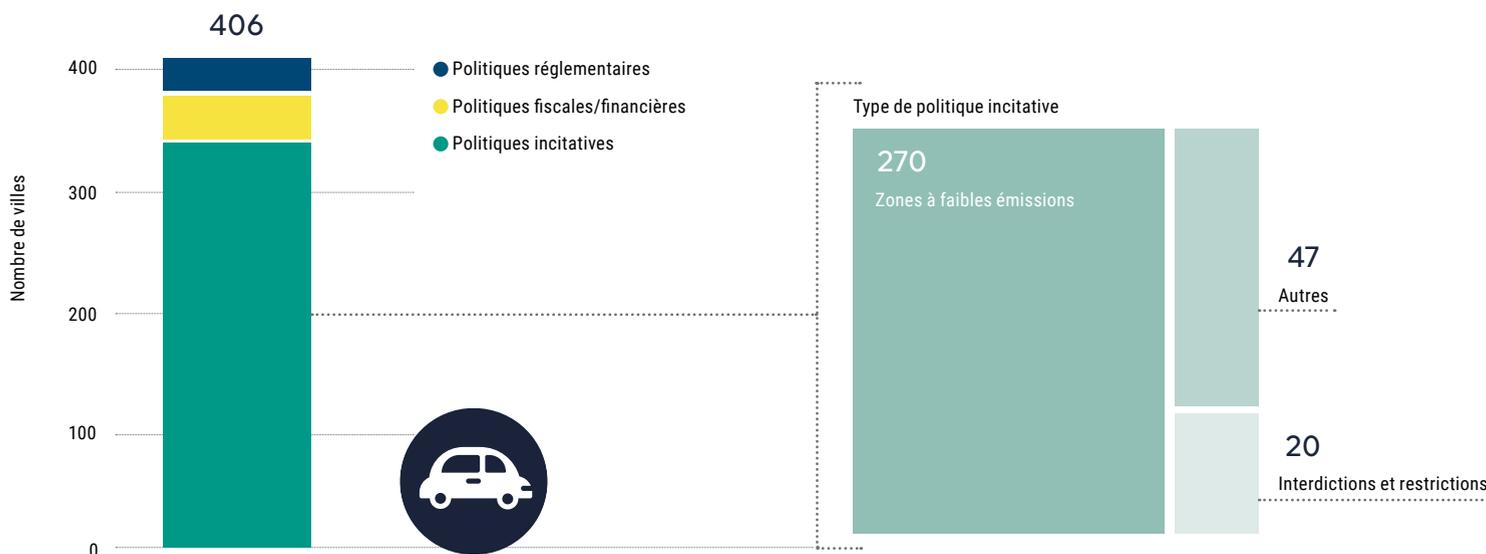
En Chine aussi, la demande de vélos a explosé, à la fois comme alternative aux transports en commun où circulait le Covid-19 (l'utilisation de vélos en libre-service avait plus que doublé à Pékin au sortir du premier confinement<sup>47</sup>) et comme nouveau sport pour la classe moyenne – avec plus de 20 millions de personnes pratiquant le cyclisme au niveau national, selon l'Association chinoise de cyclisme. Cette situation est également le résultat des confinements liés au Covid-19, les autorités ayant fermé les salles de sport. En 2021, le marché chinois du vélo se situait entre 12 et 15 milliards de dollars<sup>48</sup>.

L'intermodalité avec les vélos, évoquée dans les stratégies européennes, joue également un rôle important pour assurer la connectivité du dernier kilomètre des transports publics, comme à Singapour ou à Jakarta, où les pistes cyclables qui relient le Bus à haut niveau de service Harmoni en 15 minutes permettent à cinq fois plus de personnes d'accéder au centre qu'en 15 minutes de marche<sup>49,50</sup>.

**FIGURE 3**

**NOMBRE DE VILLES AYANT MIS EN PLACE UNE OU PLUSIEURS POLITIQUES SPÉCIFIQUES AUX TRANSPORTS**

Source : [REN21](#), 2022



**Les zones à faibles émissions gagnent du terrain sur les moteurs thermiques**

Au-delà de la mise en place d'infrastructures pour favoriser l'adoption des mobilités actives, de plus en plus de villes choisissent de mobiliser le volet réglementaire et de limiter la circulation des voitures les plus polluantes. Fin 2021, REN21 recensait 270 villes ayant mis en place une zone à faibles émissions (ZFE)<sup>51</sup>, zone urbaine dont l'accès est restreint, voire interdit, pour les véhicules qui ne respectent pas certaines normes d'émissions (FIG. 3). C'est 21 de plus que l'année précédente.

La plupart des ZFE se trouvent en Europe, notamment en Italie, qui en compte 172. Dans l'Union européenne, le Royaume-Uni et la Norvège, le nombre total de ZFE a augmenté de 40 % entre 2019 et 2022, de 228 à 320. Il devrait augmenter encore de 58 % d'ici 2025 (507 ZFE au total), grâce à des lois votées en Espagne, en France et en Pologne<sup>52</sup>.

L'impact d'une ZFE dépend fortement des modalités de mise en place décidées par la municipalité. En effet, même lorsqu'un gouvernement national instaure une obligation de mise en place de ZFE, les villes peuvent décider des véhicules concernés, des seuils fixés, de la superficie concernée, du contrôle de la circulation mis en place... autant d'éléments qui auront une incidence sur l'impact de l'initiative.

La mise en place de ces zones peut susciter des tensions avec les personnes habitant et travaillant dans l'espace couvert. Des problèmes de clarté quant aux restrictions sont souvent pointés du doigt, par exemple en Italie, à cause d'une multiplication des textes aux différents niveaux de décision sur ces

mesures, et en l'absence de cadre clair au niveau national<sup>53</sup>. Ces zones risquent aussi parfois d'accroître les inégalités au sein d'un territoire, à la fois parce que les populations les plus pauvres se voient alors privées de l'accès à certaines zones, mais aussi parce qu'elles habitent en général loin des centres-villes où sont situées les ZFE, et ne bénéficient donc pas de l'amélioration de la qualité de l'air induite<sup>54</sup>. À New York, un projet de péage urbain qui pourrait coûter jusqu'à 23 dollars pour entrer dans le cœur de Manhattan, afin de réduire la circulation et financer les transports en commun, fait polémique<sup>55</sup>. De même, Londres a créé la toute première zone à très faibles émissions (*Ultra Low Emission Zone – ULEZ*), avec des normes d'émission plus strictes, qui couvre près d'un quart de la ville. La ville a aussi mis en place des quartiers à faible trafic (*Low Traffic Neighbourhoods*) pour encourager les mobilités actives. Ces quartiers ont toutefois fait l'objet d'énormes contestations et de manifestations publiques rassemblant des milliers de personnes, car plusieurs résidents se sont opposés à leur mise en œuvre, invoquant l'allongement des temps de trajet ou la complication des services de livraison<sup>56</sup>.

Les ZFE sont donc en général davantage des outils d'amélioration de la qualité de l'air que de limitation des émissions de gaz à effet de serre, mais les co-bénéfices entre ces deux problématiques sont nombreux : les études évaluant l'impact de ces zones montrent en général des baisses d'émissions de CO<sub>2</sub> accompagnant les baisses de concentration de polluants atmosphériques<sup>57</sup>.

Certaines villes vont même jusqu'à expérimenter la mise en place de zones « zéro émission » (ZZE) où les véhicules ther-



miques sont interdits à la circulation. Après quelques exemples pionniers, au Royaume-Uni notamment, l'Europe pourrait encore prendre la pole position : 35 ZZE sont prévues pour 2030, majoritairement pour la logistique urbaine, notamment aux Pays-Bas où des zones de ce type pourraient voir le jour en 2025 dans la plupart des villes pour le fret urbain<sup>58</sup>. Des mesures similaires ont été adoptées ou sont prévues pour le fret urbain à Shenzhen, Foshan et Luoyang en Chine<sup>59</sup>.

### Les aires réservées aux mobilités douces

Enfin, en plus de créer des infrastructures dédiées aux mobilités douces et actives qui souvent grignotent l'espace alloué à la voiture, et de restreindre la circulation des véhicules les plus polluants dans certaines zones, de nombreuses villes interdisent la circulation de voitures dans certains de leurs quartiers, afin de redonner de la place à d'autres usages, en premier lieu la marche.

Des quartiers piétons sont désormais légion dans de nombreuses villes dans le monde, et les villes européennes ont été à l'avant-garde de la création de zones piétonnes<sup>60</sup>. En France, suite à la mise en place de la première rue piétonne à Rouen en 1971, les marcheurs gagnent chaque année du terrain. Dernièrement, Nantes, Toulouse ou encore Strasbourg ont piétonnisé des rues le temps de l'été, ou alors seulement le soir, afin de minimiser l'impact pour les automobilistes<sup>61</sup>. Paris a aussi sa part de rues piétonnes – auxquelles on reproche parfois de pousser la gentrification, car elles font augmenter les loyers dans les régions environnantes et attirent davantage de touristes<sup>62</sup>. Des villes comme Gand et Nuremberg ont également été des pionnières dans le développement de zones piétonnes, Nuremberg possédant toujours la plus grande zone piétonne d'Europe<sup>63</sup>.

À Bruxelles, le plan « *Good Move* », stratégie de mobilité pour 2020-2030 de la région de Bruxelles-Capitale, a été conçu selon une approche de « spécialisation » de l'espace public : chaque rue se voit attribuer un rôle différent, selon sa zone et son contexte. Certaines vont donc prochainement n'accueillir plus que des vélos, des transports en commun, ou des voitures. Depuis 2016, la ville d'Oslo a mis en œuvre le programme « *Car Free Livability* », rendant effectivement le centre-ville sans voiture, tout en améliorant progressivement les infrastructures piétonnes. Sur la période du programme, le nombre de piétons dans ces zones a connu une augmentation de 14 %, et le nombre de personnes passant du temps dans les différents espaces urbains a crû de 43 %. La part modale des bicyclettes et des transports publics a également augmenté<sup>64</sup>.

À Barcelone, la municipalité a profité de la configuration de son plan *Cerda* pour créer des « *superblocks* » de bâtiments et des axes verts de rues reliant des places, créant ainsi des zones exclusives de mobilité douce (CF. CAS D'ÉTUDE BARCELONE).

Le mouvement prend de l'ampleur, notamment sur les continents américains. À Buenos Aires, le gouvernement local a amélioré l'infrastructure piétonne et a créé plusieurs zones piétonnes transitoires dans la ville, qui sont fermées à la circulation les week-ends et les jours fériés (CF. CAS D'ÉTUDE BUENOS AIRES). Aux États-Unis, où la voiture est reine, ce sont les villes

les plus peuplées, comme New York ou Philadelphie, qui ont rendu leurs rues piétonnes, surtout après la pandémie<sup>65</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Une dynamique de décarbonation des modes de transport urbains semble bel et bien enclenchée : la transition énergétique des motorisations. En plus des véhicules légers (CF. TENDANCE « TRANSPORT ROUTIER »), les bus se dirigent de plus en plus nettement vers l'électrification, porté par différentes approches selon les continents : régulation au sein de l'Union européenne, subventions étatiques en Inde et en Chine, fortes volontés municipales et programmes de financements internationaux en Amérique du Sud. Cependant, les volumes sont encore loin de concurrencer les unités thermiques ; aussi, l'accumulation des motorisations ne bénéficie pas à la décarbonation du secteur.**

**Par ailleurs, les autres leviers que sont le report modal et la sobriété peinent à jouer leur rôle dans ce processus. Pour les favoriser, de nombreuses villes tentent de repenser l'espace urbain pour donner davantage de place aux infrastructures pour les mobilités actives, restreindre l'usage de la voiture, voire l'interdire. Le vélo, qui est sorti en force de la pandémie, a maintenu son élan, avec la pérennisation des mesures temporaires. Les villes sont également en train de repenser l'organisation de l'espace public, par la création de diverses zones – zones à faibles émissions (voire à émissions nulles), zones piétonnes, et autres mesures similaires. Ces actions sont motivées à la fois par des raisons environnementales, notamment la réduction des émissions et l'amélioration de la qualité de l'air, et par des raisons sociales, pour permettre la mobilité de chacun sans dépendance aux véhicules thermiques individuels et aux énergies fossiles.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 SLOCAT (2021). [Tracking Trends in a Time of Change : The Need for Radical Action Towards Sustainable Transport Decarbonisation, Transport and Climate Change Global Status Report – 2nd edition](#). SLOCAT Partner
- 2 International Transport Forum (2021). [ITF Transport Outlook 2021](#). OCDE
- 3 UITP (2022). [Urban Mobility Innovation Index 2021](#). Union internationale des transports publics
- 4 Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2021). [Mobilité douce et électrique : la mue du système de transport de Bogota](#). *Climate Chance*
- 5 Cities Race to Zero (2022). [Who's in Cities Race to Zero?](#) C40 Knowledge Hub
- 6 AIE (2022). [Global Energy Review](#). Agence internationale de l'énergie
- 7 REN21 (2022). [Renewables 2022. Global Status Report](#). REN21
- 8 UITP (2022). [Clean Bus Report. An overview of clean buses in Europe](#). Union internationale des transports publics
- 9 [Clean Bus Europe Platform](#)
- 10 UITP (2022). [Clean Bus Report...](#), op. cit.
- 11 [European Alternative Fuels Observatory](#), consulté le 19/07/2022
- 12 UITP (2022). [Clean Bus Report](#), op. cit.
- 13 Verdevoye, A.-G. (20/07/2018). [Bus électrique : comment les Chinois envahissent l'Europe](#). *Challenges*
- 14 Sustainable Bus (12/07/2022). [Electric bus, main fleets and projects around the world](#). *Sustainable Bus*
- 15 IISD (27/12/2021). [Two and three-wheelers drive sale of EVs](#). *International Institute for Sustainable Development*
- 16 UITP (2022). [Clean Bus Report](#), op. cit.
- 17 Caisse des dépôts (08/04/2022). [Transdev déploie 406 nouveaux bus électriques à Bogota \(Colombie\)](#). Caisse des dépôts
- 18 UITP (2022). [Clean Bus Report](#), op.cit. s
- 19 Ministerio de Energia (29/08/2022). [Comienzan a llegar los buses eléctricos que duplicarán la flota en 2023](#). *Gobierno de Chile*
- 20 Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2022). [Bilan mondial de l'action climat des territoires](#). *Climate Chance*
- 21 NRDC (23/03/2021). [St. Louis Initiates Electric Transition](#). *CleanTechnica*
- 22 Cour des comptes européenne (2020). [Sustainable Urban Mobility in the EU : No substantial improvement is possible without Member States' commitment](#). eca.europa.eu
- 23 Guérin, J.-Y. (30/11/2021). [Covid : la revanche de la voiture](#). *Le Figaro*
- 24 Nguyen, M. H., Armoogum, J., Thi, B. N. (2021). [Factors Affecting the Growth of E-Shopping over the COVID-19 Era in Hanoi, Vietnam](#). *Sustainability*, vol. 13 (16)
- 25 Shen, H., Namdarpour, F., Lin, J. (2022). [Investigation of online grocery shopping and delivery preference before, during, and after COVID-19](#). *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 14.
- 26 Kay, M. (2022). [The Economics of a Mobilist Future](#). *Autonomy*
- 27 Grabar, H. (15/09/2021). [The Liberation of Paris From Cars is Working](#). *Slate*
- 28 Park4SUMP (s.d.). [Why Paris is eliminating 72 % of its on-street parking spaces](#). *Park4SUMP*
- 29 O'Sullivan, F. (29/03/2019). [A Modest Proposal to Eliminate 11,000 Urban Parking Spots](#). *Bloomberg*
- 30 Hall, B. (14/06/2020). [Hundreds of car parking spaces to go as city embraces cycling](#). *The Age*
- 31 UITP (2022). [Urban Mobility Innovation Index 2021](#). Union internationale des transports publics
- 32 ITDP (07/2021). [Cycling and Mexico City : Better than Before](#). *Institute for Transportation & Development Policy*
- 33 City of Toronto (16/12/2021). [City Council makes seven ActiveTO cycling network routes permanent, endorses a plan for 100 kilometres of new cycling routes](#). *City of Toronto*
- 34 Toll, M. (12/05/2022). [NYC wants to take 25 % of its street space away from cars in favor of a walkable/bikable city](#). *Electrek*
- 35 UITP (2022). [Urban Mobility Innovation Index 2021](#), op. cit.
- 36 Pearson, S. (16/09/2021). [Minneapolis is a big wheel in the urban cycling movement](#). *National Geographic*
- 37 Bliss, L. (26/01/2022). [5 U.S. Cities Where Bike Commuting Is Booming](#). *Bloomberg*
- 38 Chen, W. (18/08/2022). [Historical patterns and sustainability implications of worldwide bicycle ownership and use](#). *Nature*
- 39 [European Cyclist's Federation](#), consulté le 21/07/2022
- 40 Eurostat (12/09/2022). [EU produced 13.5 million bicycles in 2021](#). *Commission européenne*
- 41 Razemon, O. (16/07/2022). [Le marché du vélo dopé par la mobilité urbaine](#). *Le Monde*
- 42 Bike Europe. (07/07/2022). [European bicycle and e-bike sales hike to 22 million units, a record](#). *Bike Europe*
- 43 ECF (2022). [The state of national cycling strategies in Europe \(2021\)](#). *European Cyclist's Federation*
- 44 Cazenave, F. (30/06/2022). [Vers un grand plan vélo pour relocaliser la production de la bicyclette « made in Europe »](#). *Ouest-France*
- 45 ECF (2022). [The state of national cycling \(...\)](#), op. cit.
- 46 Küster, F. (15/06/2022). [National cycling strategies : How to boost cycling across Europe towards 2030](#). *Autonomy*
- 47 Liu, D. (30/04/2020). [3 Ways China's Transport Sector Is Working to Recover from COVID-19 Lockdowns](#). *TheCityFix*
- 48 The Associated Press (09/08/2022). [Pandemic Fuels Sports Biking Boom in Cycling Nation China](#). *Bloomberg*
- 49 ITDP (2022). [2022 : The Year of the Bicycle](#). *Institute for Transportation and Development Policy*
- 50 Chong, J. (03/01/2022). [Singapore : Will the Cycling Fad Outlive the Pandemic?](#) *Reporting Asean*
- 51 REN21 (2022). [Renewables 2022](#), op. cit..
- 52 Clean Cities (2022). [The development trends of low- and zero-emission zones in Europe](#). *cleancitiescampaign.org*
- 53 Ibid.
- 54 Secours catholique (2022). [Pour des métropoles et des agglomérations à faibles émissions et à forte accessibilité](#). *Secours catholique*
- 55 Le Billon, V. (01/09/2022). [New York s'échappe sur le projet de péage urbain](#). *Les Echos*
- 56 Lewis, T. (01/11/2020). [Car-free neighbourhoods : the unlikely new frontline in the culture wars](#). *The Guardian*
- 57 Urban Access Regulations in Europe (n.d.). [Impact of Low Emission Zones](#)
- 58 Clean Cities (2022). [The development trends \(...\)](#), op. cit.
- 59 Cui, H. (2021). [A global overview of zero-emission zones in cities and their development progress](#). *International Council on Clean Transportation*
- 60 Kiss, B. (2022). [Will Europe lead the new mobility revolution?](#) *Autonomy*
- 61 Razemon, O. (16/09/2022). [Comment les piétons investissent les villes](#). *Le Monde*
- 62 Kirmizi, M. (2021). [The Mobility of Paris Residents and Retailers : Their Viewpoints on the Effects of the City's Pedestrianization](#). *HAL*
- 63 Pelke, N. (10/05/2022). [Nürnberg's Fußgängerzone soll Europas Spitzenreiter bleiben : „Leute suchen das Erlebnis in der Innenstadt“](#). *Merkur.de*
- 64 Figg, H. (05/02/2021). [Oslo – Promoting Active Transport Modes](#). *Eltis*
- 65 Hirschfeld, A. (05/05/2021). [Urban Walkability Gains a Foothold in the U.S.](#) *Yes! Magazine*



**TOUR DU MONDE DES INITIATIVES,  
DES CHANGEMENTS DE RÉGLEMENTATION  
ET DES TRANSFORMATIONS DE MARCHÉ  
QUI PRÉFIGURENT AUJOURD'HUI LES  
TENDANCES DE L'ACTION CLIMAT DE DEMAIN**

## Train • Surchauffe des rails en Europe avec les tickets climat

En octobre, l'Autriche a lancé son *Klimaticket* (« ticket climat ») pour rendre accessible l'ensemble du réseau de transports en commun pour 1 095 € par an, soit 3 € par jour. Dans le sillage du [plan de mobilité](#) adopté par la coalition éco-conservatrice, il vise à réduire les émissions liées au transport dans le pays. D'autres villes ont choisi la [gratuité](#) des transports, mais son coût est important et peut générer des effets-rebond. La Suisse a aussi mis en place des tickets universels qui permettent un accès à l'ensemble du réseau national mais sont onéreux. L'aspect novateur du projet repose donc sur son coût limité et son échelle nationale. L'[Allemagne](#) a suivi le mouvement avec l'instauration cet été d'un ticket unique à 9 € : malgré les limites soulevées concernant la [capacité des infrastructures](#), il a évité l'émission d'[1,8 MtCO<sub>2</sub>](#) et réduit le taux de pollution du pays de [6 %](#).

[Vert Eco, 10/01/2022](#)

## Trois roues • Au Soudan, le touk-touk électrique contre l'inflation

Dans un pays où l'inflation atteint 250 % sous le double effet du coup d'État militaire et de la hausse des prix de l'essence, les touk-touks et triporteurs électriques rencontrent un grand succès. Si le gouvernement a quand même augmenté les prix de l'électricité pour pallier la perte des aides internationales qui contribuent à 40 % au budget de l'État, le gain demeure substantiel pour les utilisateurs : 200 à 350 livres les huit heures nécessaires pour charger la batterie à plein, contre 700 livres (1,25 €) le seul litre d'essence. Les toits de certains touk-touks sont même équipés de cellules photovoltaïques pour alimenter le moteur grâce à l'énergie solaire. Ces dernières années, l'explosion des importations de véhicules à trois roues à moteur thermique, souvent âgés et peu efficaces, a contribué à augmenter la [pollution de l'air](#) du pays.

[Franceinfo Afrique, AFP, 30/05/2020](#)

## Argentine • Des ateliers de réparation de vélos en prison

La ville de Buenos Aires a enregistré une hausse de 27 % de la mobilité individuelle (motorisée et non motorisée), les déplacements en vélos individuels ayant augmenté de 320 000 en 2019 à 405 000 en 2020. Pour répondre à la forte demande d'entretien des vélos, l'ONG *Voy en Bici Argentina* a lancé un programme qui collabore avec les services pénitentiaires, avec les détenus, les ONG, les États provinciaux, le système judiciaire et les familles des détenus, afin d'employer les détenus pour réparer les vélos donnés. Les bicyclettes réparées sont ensuite utilisées par des banques de bicyclettes dans la ville, pour être utilisées par la communauté.

[Autonomy, 02/06/2022](#)

## Fret • La Suisse donne le feu vert au méga-projet de « Cargo sous terrain »

Annoncé en 2013 par la Mobilière, les CFF, La Poste, Swisscom, Coop et Migros, le projet de « Cargo sous terrain » (GST) vise à désengorger les routes en faisant basculer le fret de marchandises dans un réseau national de tunnels souterrains. Ce métro logistique, long de 450 km, doit relier toutes les métropoles du pays. Des engins autonomes à roues, conduits par un rail d'induction, circuleront à 30 km/h sur trois voies tout le long du réseau. Alimenté en énergies renouvelables, le projet doit réduire de 80 % les émissions du fret par rapport au transport routier, et réduire la circulation routière et ferroviaire de 30 %. En décembre 2021, le Parlement suisse a adopté la loi fédérale sur le transport souterrain de marchandise, fournissant la base légale au projet, qui entrera en vigueur en août 2022 depuis l'approbation du gouvernement. Fin 2022, les cantons d'Argovie, Soleure et Zurich démarreront leurs plans directeurs. La finalisation du projet n'est pas attendue avant 2045, mais un premier tronçon de 70 km doit ouvrir en 2031 entre le centre de distribution de la commune de Härkingen-Niederbipp dans le canton de Soleure et la métropole de Zurich.

[Transitions & énergies, 13/07/2022](#)

## Name and shame • Le « jet tracking » dénonce les vols en jet privé

Les réseaux sociaux ont fait naître une nouvelle raison d'être pour les plateformes publiques de transmission de données de vols : le traçage des jets privés par la société civile. Des « bots » s'en font les intermédiaires : sur Instagram, [laviondebernard](#) (jet privé du groupe LVMH) totalise plus de 85 000 abonnés et sur Twitter, 480 000 suivent [ElonJet](#) (jet privé d'Elon Musk). Les trajets des célébrités et des politiques sont aussi visés. Cible des campagnes : le bilan carbone des trajets. Les jets émettraient **40 fois plus** que les avions commerciaux, ramené au nombre de passagers. En [France](#), des députés ont proposé une mesure pour réguler leurs vols, en raison de leur contribution disproportionnée aux émissions de GES par rapport à leur nombre : **4 600 jets** dans le monde représentent aujourd'hui environ **7 500 tCO<sub>2</sub> par an**, soit les émissions annuelles du Mozambique ou de la Lettonie.

[Le Monde, 18/08/2022](#)

## Énergie • Une niche du fret maritime français met les voiles

**90 %** des biens manufacturés sont transportés par la mer. Le transport maritime compte pour environ 2 à 3% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Pourtant, la décarbonation du secteur maritime est en retard par rapport aux autres secteurs. Le concept de voiliers-cargo a le vent en poupe en France chez plusieurs constructeurs maritimes ([Grain de Sail](#), [Airseas](#), [Windcoop](#)), à la suite [d'autres initiatives](#) dans le monde. La force éolienne permettrait d'économiser entre **20 et 40 %** de consommation de carburant. Certains projets visent même une économie de **90 %**, comme Windcoop, une coopérative financée par divers acteurs (particuliers, entreprises, collectivité) dont le porte-conteneur débutera sa construction en 2023. L'association Wind Ship, créée en 2019, regroupe divers porteurs de projet et a publié un [livre blanc](#) collaboratif sur l'état des lieux et les perspectives de cette nouvelle industrie. Malgré les défis technologiques et les coûts qu'elle implique, la voile pour le transport maritime présente de nombreux [avantages](#).

[The Guardian, 14/07/2022](#)

## Entreprises • Les autoécoles vers le tout-électrique

La franchise d'auto-écoles ECF a présenté un [plan](#) visant à exclure les véhicules diesel de sa flotte dès 2022, puis remplacer l'intégralité de la flotte par des véhicules électriques entre 2022 et 2026, en partenariat avec Renault. Les véhicules électriques ne représentent aujourd'hui que 4 % de sa flotte. La conversion à l'électrique doit permettre des économies sur le coût des carburants, tout en permettant aux autoécoles de continuer à dispenser des cours dans les zones à faible émissions mobilité (ZFE-m) mises en place dans treize agglomérations françaises depuis un [décret](#) adopté en 2020. Une directive européenne se dresse en travers de la route de cette transformation : en imposant des heures de conduite en boîte manuelle, cette directive requiert de fait de conserver des véhicules thermiques. Au Royaume-Uni, le constructeur de moto électriques Sunra UK tente également de faire pénétrer les moto électriques en signant des [partenariats](#) avec des écoles de conduite.

## Égypte • Le Caire démarre son premier service de vélo-partage

La métropole du Caire est à l'image des grandes villes africaines : forte de 22 millions d'habitants, l'urbanisation y est galopante. Parmi les plus congestionnées au monde, la circulation y est globalement hostile aux deux-roues non-motorisés. Le projet Cairo Bike, mis en place avec le soutien de UN Habitat et le financement de la fondation suisse Drosos, vise à poser les premiers jalons d'une mobilité douce partagée organisée par la ville. Depuis juillet 2022, 250 bicyclettes ont été distribuées parmi 26 stations. Mi-septembre, 250 vélos supplémentaires ont été ajoutés, pour un total de 45 stations alimentées par des panneaux solaires. Sur une zone de 6,4 km<sup>2</sup>, les stations de vélos sont disposées à proximité de stations de métro, afin d'optimiser l'intermodalité. Un million d'usagers du métro sont susceptibles d'y accéder. Afin de promouvoir l'usage du vélo chez les femmes, la ville prévoit une réduction des tarifs d'abonnement, l'organisation d'événements promotionnels pour le vélo et la participation des femmes aux prises de décisions.

[ITDP, 03/03/2022](#)

# CAS D'ÉTUDE

## ESPAGNE

Barcelone : Sant Antoni, la rue verte qui inspire la ville

## ARGENTINE

Buenos Aires : valoriser les données environnementales pour promouvoir la mobilité douce

## ZIMBABWE

Mobility for Africa : favoriser l'accès à la mobilité durable et électrique en milieu rural pour l'autonomisation des femmes





EN PARTENARIAT AVEC



CAS D'ÉTUDE VILLE

PAYS	VILLE	POPULATION	OBJECTIF D'ATTÉNUATION	ÉMISSIONS EN 2018
ARGENTINE	BUENOS AIRES	3 068 043 (2008)	-53 % EN 2030, -84 % EN 2050	11,74 MTCO <sub>2e</sub> (-15 % PAR RAPPORT À 2013)

# Buenos Aires • valoriser les données environnementales pour promouvoir la mobilité douce

Dans le cadre de sa politique de « Gouvernement ouvert et changement climatique », la plateforme [BA Climate Action](#), qui a été sélectionnée pour faire partie du Hub Local4Action de CGLU, permet de collecter et de visualiser les données climatiques, ainsi que les efforts du gouvernement municipal, des acteurs non-étatiques et des citoyens pour réduire les émissions de la ville. La plateforme fournit des données sur les objectifs et les initiatives de Buenos Aires, et cherche à fusionner les outils de gouvernement ouvert avec les actions climat pour promouvoir la responsabilité, la collaboration et la transparence concernant les politiques municipales. Sur la mobilité urbaine, la plateforme [recueille](#) des données sur les services de transports publics, les vélos publics, les pistes cyclables, les flux de véhicules et le parc automobile existant, afin d'informer et d'orienter les actions.

## Une plateforme ouverte issue de la co-création

En 2017, Buenos Aires est devenue l'une des 25 premières villes au monde à s'engager à atteindre la neutralité carbone en 2050. Grâce à la plateforme BA Climate Action, cocrée avec plus de 600 citoyens, experts et représentants de la société civile, la municipalité s'appuie sur l'action collective des citoyens, de la société civile, du monde universitaire et du secteur privé pour trouver des solutions percutantes et efficaces. Dans le cadre de son programme de gouvernement ouvert, Buenos Aires a ouvert et conçu graphiquement plus de [30 bases de données](#) qui peuvent être téléchargées et réutilisées. BA Climate Action donne accès aux objectifs de réduction des émissions de la ville et à des informations sur la production d'énergie propre, les infrastructures existantes pour promouvoir la mobilité durable et la gestion globale des déchets. En outre, elle affiche des graphiques interactifs sur les [inventaires](#) de gaz à effet de serre, l'évolution des températures et des précipitations, et la qualité de l'air.

La plateforme contient également les dernières nouvelles sur les principales initiatives climat de la municipalité, ainsi que des propositions permettant aux différents acteurs de la ville de contribuer eux-mêmes à l'action climatique. Toute acteur

peut télécharger les données et les adapter aux caractéristiques de son projet ou de son administration pour construire son propre site sur le changement climatique.

## Stimuler les transformations de la mobilité urbaine

Dans le cadre de son action sur la mobilité durable, la ville a identifié [quatre](#) axes d'action : donner la priorité aux transports publics, promouvoir une mobilité saine, améliorer la réglementation du trafic et la sécurité routière, et développer la mobilité intelligente. Au niveau des transports publics, les bus urbains et les métros sont sous la responsabilité du gouvernement local, qui a créé le réseau Metrobus, avec huit couloirs de voies réservées aux bus, ce [qui a réduit](#) le temps de trajet de 40 % et la consommation de carburant de 20 %. La municipalité a également développé des [stations de transfert](#) pour faciliter le transport multimodal pour plus de 1,6 million d'utilisateurs. Dans le cadre d'une mobilité « saine », la ville a encouragé les infrastructures cyclables et piétonnes. Le système de vélos en libre-service de la ville a [enregistré](#) 600 000 utilisateurs et plus de 3 500 000 déplacements en 2019, qui ont été encore accrus pendant la pandémie. Actuellement, [287 km](#) de pistes cyclables existent dans la ville. La ville a également créé cinq blocs de [zones piétonnes](#), avec des trottoirs plus larges, des espaces verts

plus grands et des restrictions sur la circulation des véhicules ; et [20 zones piétonnes transitoires](#) qui sont opérationnelles le week-end et les jours fériés.

Les données de BA Climate Action permettent de relier les différentes initiatives et installations mises à la disposition des citoyens. Elles servent aussi l'objectif de mobilité intelligente, qui consiste à mieux planifier et prévoir les déplacements, et donc à les rendre plus efficaces. Les autorités municipales ont travaillé avec des applications telles que Waze, Moovit, Google, Ualabee et ont développé [l'API de transport unifié](#), qui permet d'obtenir des informations en temps réel sur le trafic et la mobilité à travers les différents modes de transport.

## Un modèle répliquable pour les réseaux de villes

Comme cette initiative fait partie du HUB Local4Action de CGLU, il est prévu de l'amplifier à un niveau global, à travers les réseaux de villes. Le processus de co-création du site a aussi été soigneusement documenté afin qu'il puisse être reproduit par d'autres gouvernements locaux, et ainsi contribuer à plus d'espaces de collaboration, d'intelligence collective et d'action climat.

PAYS	VILLE	POPULATION	OBJECTIF D'ATTÉNUATION	ÉMISSIONS EN 2017
ESPAGNE	BARCELONE	1 664 182	-45 % EN 2030 (BASE 2005)	3,41 MTCO <sub>2</sub> e

## Barcelone • Sant Antoni, la rue verte qui inspire la ville

Depuis 2016, la ville de Barcelone soutient l'implantation de « superblocks » (*superillas*) – des micro-quartiers comprenant trois îlots de bâtiments sur trois autres. Dans ces espaces urbains, la priorité est piétonne, la mobilité apaisée et la végétalisation plus présente. Cette stratégie fait partie des 103 mesures du plan d'urgence climatique décrété en mars 2020 par la maire de Barcelone, Ada Colau, pour réduire de 2 millions de tonnes les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030. Le plan Cerdà, qui organise la ville depuis le XIX<sup>e</sup> siècle en îlots quadrangulaires, est particulièrement propice aux superblocks.

### Le superblock de Sant Antoni

En 2017, la municipalité de Barcelone lance la concertation publique pour créer un « axe vert » relié à une place – un concept nouveau, la génération 2 des « superblocks » – dans le quartier central de Sant Antoni. Les travaux s'achèvent en 2019. La vitesse y est désormais limitée à 10 km/h pour tous les véhicules. La mairie de Barcelone a dépensé 7 M€ pour le projet, notamment pour le mobilier urbain. La rue est divisée en deux parties, l'une avec du mobilier permanent classique, l'autre avec du mobilier provisoire, innovant et inclusif, facilement démontable et destiné à créer de nouveaux. Des marquages au sol apportent de la couleur et dessinent des jeux pour les enfants, avec l'objectif de faire émerger de nouvelles façons de « vivre » la rue.

### Un succès par et pour les habitants

Pour ce projet d'axe vert, Barcelone a misé sur une forte implication des citoyens. Durant la concertation publique, un groupe de 40 représentants des associations et commerçants de la rue a réévalué avec la mairie les contours du projet, avant d'aller le présenter aux habitants. Ce processus a notamment influé sur des décisions comme le sens de circulation des rues, « car les gens ne comprenaient pas ces changements de mobilité », témoigne Ariadna Miquel, directrice de la stratégie urbaine du bureau du chef architecte de la mairie de Barcelone. « Nous avons diminué l'ambition de notre projet, mais

*il est devenu possible.* » La ville entend ainsi tirer les leçons des mécontentements rencontrés dans le quartier Poblenou lors de la mise en place d'une Superilla. Les habitants du quartier, consultés environ un an après la fin des travaux, ont évoqué les bénéfices ressentis : plus de vie dans la rue à des heures différentes, moins de voitures pour plus de visibilité... Par ailleurs, la zone piétonne s'est agrandie de près de 135 % pour atteindre un total de 43 209 m<sup>2</sup>, soit 100 % de l'espace public du quartier. Conséquence directe, la présence des piétons s'est accrue jusqu'à +44 % dans certaines zones.

### Des mutations à anticiper

La superposition de mobilités décidée dans la rue Sant Antoni pose régulièrement quelques conflits, entre voitures et piétons « *par manque de respect des normes par certains véhicules, mais aussi par manque de signalétique et d'information* » selon Julia Goula Mejón, architecte associée de l'agence Equal Saree. Des efforts sur la signalétique sont donc prévus dans les futures rues vertes de Barcelone. Pour ralentir le rythme de la rue, il a été nécessaire de travailler sur les plans de

circulation à l'échelle de la rue, mais aussi du district entier et de la ville. D'autre part, étant située en plein cœur touristique de Barcelone, la rue verte de Sant Antoni est souvent accusée de gentrifier le quartier. D'où la nécessité d'une politique du logement social en soutien du projet : toute implantation de nouveaux commerces a été interdite dans le plan d'usage de la rue, pour éviter qu'elle ne concentre les pôles d'attractivité au détriment des quartiers voisins.

### Quel avenir pour les superblocks ?

Outil flexible et adaptable à différents tissus urbains, les superblocks pourraient facilement s'exporter, selon Ariadna Miquel. Pour elle, il est essentiel d'étudier le territoire, d'établir un consensus avec les habitants et les parties prenantes, et de pouvoir compter sur des citoyens engagés pour faire vivre le projet. Fin 2020, la mairie de Barcelone a présenté 21 nouvelles places et 21 nouvelles rues vertes à venir dans le district d'Eixample, le même que celui de Sant Antoni (FIG.). Les travaux ont débuté durant l'été 2022.

#### FIGURE

#### LES 21 RUES VERTES EN CONSTRUCTION DANS LE QUARTIER D'EIXAMPLE

Source : Construction21, 2022.





EN PARTENARIAT AVEC



CAS D'ÉTUDE PROJET

PAYS	DISTRICT	POPULATION	OBJECTIF D'ATTÉNUATION	ÉMISSIONS EN 2017
ZIMBABWE	WEDZA	70 700	-40 % EN 2030 (BASE BAU)	35,84 MTCO <sub>2</sub> e

## Mobility for Africa • Favoriser l'accès à la mobilité durable et électrique en milieu rural pour l'autonomisation des femmes

En Afrique, [environ 450 millions](#) de personnes (plus de 70 % de sa population rurale) ne sont pas desservies à cause d'un déficit d'infrastructures et de système de transport. Au Zimbabwe, le déficit d'infrastructures de transport a un impact notable sur le secteur agricole, qui fournit des moyens de subsistance à environ 70 % de la population et 15-20 % du PIB du pays. Il est pourvoyeur d'emplois, contribue à la croissance économique, à la réduction de la pauvreté ainsi qu'à la sécurité alimentaire et nutritionnelle. On estime à 18 000 le nombre de nouveaux agriculteurs travaillant dans le cadre de partenariats sous contrat ou en sous-traitance au Zimbabwe. Ces petits exploitants parcourent de longues distances à pied ou en moto pour atteindre leur exploitation. Pour y remédier, la startup locale [Mobility for Africa](#) développe depuis 2019 un système de micro-mobilité électrique intégré, sûr et répliquable à destination des populations rurales de Wedza, Domboshawa et Chipinge afin d'améliorer durablement leur conditions de mobilité et de travail et contribuer à la réduction de la pollution.

### Améliorer la qualité de vie des populations rurales grâce aux « Hambas »

Dans un contexte de transformation des mobilités et d'émergence de nouveaux modes de transport en Afrique, Mobility for Africa, fournit depuis 2019 un service de mobilité électrique partagée basé sur les « Hambas », des tricycles géolocalisables alimentés par un système standardisé de « swap » de batteries à l'énergie solaire. À l'inverse d'un système de recharge de batterie qui peut durer quelques heures, le système de « swap » permet de changer la batterie déchargée par une batterie chargée en quelques minutes. Mobility for Africa loue les tricycles à des groupes de femmes (5 maximum) pour 15\$ par mois. Ces femmes peuvent alors [assurer le transport et la vente](#) de leurs produits agricoles vers des marchés plus éloignés. En plus de répondre aux [ODD 1, 5, 7, 10 et 17](#), ce service intégré ouvre des opportunités de croissance aux bénéficiaires des communautés rurales des villes de Chipinge, Domboshawa et Wedza en augmentant significativement [leurs revenus](#). D'après [60 Decibels](#), une entreprise indépendante de mesure d'impact, le service de transport et de logistique, ces Hambas permettent à 92% des bénéficiaires d'améliorer la sécuri-

té durant leurs déplacements. Ils facilitent aussi le transport des personnes vers les établissements de santé, notamment les femmes enceintes. 87 % déclarent avoir enregistré une [réduction nette](#) du temps de trajet et 99 % ont vu augmenter leur confiance en elles.

### Des tricycles électriques pour une mobilité « plus propre »

Adopter un mode de micromobilité communautaire tel que le tricycle électrique est une des voies d'accès à une mobilité plus « propre », plus sûre et plus accessible, indépendante des énergies fossiles, responsable de 33 % des émissions de gaz à effet de serre du pays. La solution mise en place par Mobility for Africa intègre la formation des bénéficiaires et de ses employés à la conduite et au fonctionnement du dispositif technologique autour du tricycle et des batteries. Un programme de Recherche Développement (R&D) a également été déployé au sein de la communauté afin d'assurer le suivi et les tests continus d'adaptabilité et de sécurité du tricycle ainsi que du système de gestion des batteries, du système GPS, de la gestion de flotte et de la collecte de nouvelles données.

### Une initiative qui essaime au niveau de l'État

En 2020, en partenariat avec [PManifold](#), une société de recherche et de conseil en énergie, e-mobilité et environnement, Mobility for Africa a soutenu le gouvernement zimbabwéen dans l'élaboration de sa loi cadre et sa feuille de route pour l'adoption de la mobilité électrique. Le processus a été initié par le ministère de l'Environnement, du Tourisme et le ministère de l'Énergie et de l'Électricité grâce au financement du [CTCN](#) (Climate Technology Center and Network) et de la section [Digital Transformation](#) du programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Au Zimbabwe, comme dans de nombreux pays de la région, la classification des véhicules est obsolète et gérée par une multitude d'entités, ce qui freine la transition vers la mobilité électrique. Le projet de loi ainsi que les objectifs doivent être adoptés en 2022 et pourront accélérer l'action et les investissements nécessaires pour faire de cette transition une réalité.



“ LE SECTEUR DU BÂTIMENT SE TROUVE À UN MOMENT CHARNIÈRE : IL DOIT S'ADAPTER À UN MONDE QUI SE RÉCHAUFFE DE PLUS EN PLUS, TOUT EN RÉDUISANT SA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS QUI EN DÉCOULENT. ”



Responsable d'environ 37 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), le secteur du bâtiment se trouve à un moment charnière : il doit s'adapter à un monde qui se réchauffe de plus en plus, tout en réduisant sa consommation d'énergie et les émissions qui en découlent. Après une année exceptionnellement lente pendant la pandémie, l'activité économique du secteur a repris à plein régime portant les émissions totales du secteur à 13,6 GtCO<sub>2</sub> en 2021, soit 15,25 % de plus qu'en 2020 [INDICATEURS]. La plus grande partie de ces émissions provient de l'exploitation ou de l'utilisation des bâtiments : émissions indirectes dues à l'électricité utilisée pour la climatisation et les appareils ménagers, et émissions directes dues au chauffage à combustible fossile.

Face à un hiver qui sera marqué par la crise énergétique, les acteurs des pays du Nord se mobilisent pour rénover leurs systèmes de chauffage, en misant sur le passage aux pompes à chaleur et au chauffage urbain – comme l'illustre l'exemple de la ville de Vienne [CAS D'ÉTUDE] – afin de décarboner le secteur du bâtiment tout en assurant la sécurité énergétique. L'amélioration de l'efficacité énergétique du parc immobilier existant est également une priorité, que ce soit par le biais de projets de rénovation modulables comme EnergieSprong [CAS D'ÉTUDE], ou par des mesures visant la sobriété afin de réduire activement la consommation d'énergie.

La tendance à la conservation de l'énergie et à l'augmentation de l'efficacité énergétique s'est répandue dans toutes les catégories d'acteurs du secteur du bâtiment, s'appliquant à la fois aux bâtiments résidentiels et non résidentiels. Avec la reconnaissance croissante du potentiel de réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments non résidentiels, les acteurs commerciaux explorent des gisements de gains d'efficacité, voire s'ouvrent à la sobriété, tout en se tournant vers l'approvisionnement en énergies renouvelables et la production sur site pour réduire leur impact sur le climat [TENDANCES].

Alors que l'empreinte climatique croissante de la climatisation reste un point de préoccupation, en particulier dans les pays du Sud où le manque d'accès au refroidissement constitue une menace pour les vies et les moyens de subsistance, les acteurs de tous les secteurs déploient des solutions, qu'il s'agisse d'équipements industriels et commerciaux à grande échelle plus efficaces, de technologies de refroidissement autonomes à plus petite échelle [SIGNAUX], ou même de toits réfléchissants qui font baisser les températures intérieures [CAS D'ÉTUDE].

L'attention croissante portée aux impacts du réchauffement climatique, qui se manifestent par des conditions météorologiques extrêmes et des événements catastrophiques ponctuels, a également contraint les acteurs du secteur du bâtiment et de la construction à réexaminer leur vulnérabilité et leur résilience, en assurant les structures existantes contre les dommages potentiels et en concevant de nouveaux bâtiments plus résistants [TENDANCES]. Cette préoccupation se manifeste dès le choix et le sourcing des matériaux utilisés (comme l'utilisation de briques en terre cuite ou de typha en Afrique, qui sont adaptés aux conditions locales) et la conception des structures et leurs utilisations (comme avec l'habitat participatif en France) [SIGNAUX].

INDICATEURS	103
TENDANCES	105
SIGNAUX	123
CAS D'ÉTUDE	125



## EN CHANTIER, LE BÂTIMENT BAS CARBONE CAMPE SUR DES FONDATIONS FOSSILES

Les émissions du secteur reprennent leur croissance...

ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DU SECTEUR DU BÂTIMENT DE 2020 À 2021

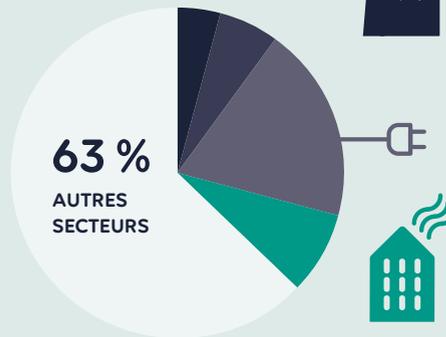


**+15,25 %**  
PAR RAPPORT À 2020

Ces émissions ont augmenté de 11,8 GtCO<sub>2</sub> en 2020 à 13,6 GtCO<sub>2</sub> en 2021, dépassant leur niveau de 2019. [GlobalABC, 2022](#)

PART DU SECTEUR DES BÂTIMENTS ET DE LA CONSTRUCTION DANS LES ÉMISSIONS MONDIALES

[GlobalABC, 2022](#)



- 4 % ÉMISSIONS DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM, DE VERRE, DES BRIQUES, ETC.
- 6 % ÉMISSIONS DE LA PRODUCTION DE BÉTON ET D'ACIER
- 19 % ÉMISSIONS INDIRECTES (PRINCIPALEMENT ÉLECTRICITÉ)
- 8 % ÉMISSIONS DIRECTES (PRINCIPALEMENT DU CHAUFFAGE)

...plus vite que l'électrification renouvelable des bâtiments



PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA DEMANDE FINALE D'ÉNERGIE DES BÂTIMENTS EN 2019

Cela inclut l'utilisation d'électricité renouvelable, de chaleur biologique moderne et de chaleur solaire et géothermique. Cette part était de 10,7 % en 2009. [REN21, 2022](#)

CODES ÉNERGÉTIQUES DES BÂTIMENTS



**51/196**  
PAYS

ONT ADOPTÉ UN CODE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS COUVRANT À LA FOIS LES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS ET NON RÉSIDENTIELS

**79/196**  
PAYS

PAYS ONT ADOPTÉ UN CODE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS, CONTRE 62 EN 2015. UN SEUL NOUVEAU EN 2021, EN GÉORGIE.

[GlobalABC, 2022](#)

SURFACE BÂTIE CERTIFIÉE PAR LES MEMBRES DU WORLD GREEN BUILDING COUNCIL

**4,2 Md m<sup>2</sup>** **+18 %**  
2020-2021

Ce total inclut des programmes de référence pour l'efficacité énergétique des bâtiments, comme la certification LEED, créée par le US Green Building Council, ou la certification française HQE. [WorldGBC, 2021](#)

Rénovations et constructions bas carbone canalisent les investissements



LES INVESTISSEMENTS DANS L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS EN 2021

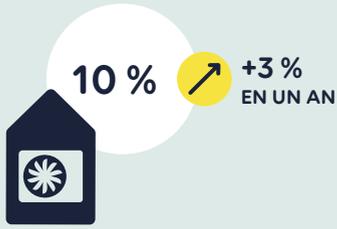
Ces investissements sont passés de 204 Md\$ en 2020 à 237 Md\$ en 2021 (+33 Md\$), l'augmentation la plus importante depuis 2014. [AIE, 2022](#)

L'EXPLOSION DES OBLIGATIONS VERTES POUR LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

La valeur totale des obligations vertes dédiés au secteur de la construction est passée d'environ 80 Md\$ en 2020 à plus de 140 Md\$ en 2021, après avoir stagné en 2019. [AIE, 2022](#)



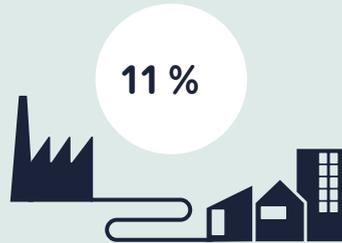
## Le chauffage et le refroidissement, un sujet brûlant



### LES BESOINS MONDIAUX EN CHAUFFAGE DES BÂTIMENTS ASSURÉS PAR LES POMPES À CHALEUR

Cette part était de 7 % en 2020. En 2021, les ventes de pompes à chaleur ont augmenté de 13 % dans le monde et de 35 % dans l'Union européenne.

[AIE, 2022](#)



### LES BESOINS MONDIAUX EN CHAUFFAGE DES BÂTIMENTS ASSURÉS PAR LES RÉSEAUX URBAINS DE CHALEUR

Le chauffage urbain reste toutefois largement dominé par les fossiles, notamment en Chine et en Russie.

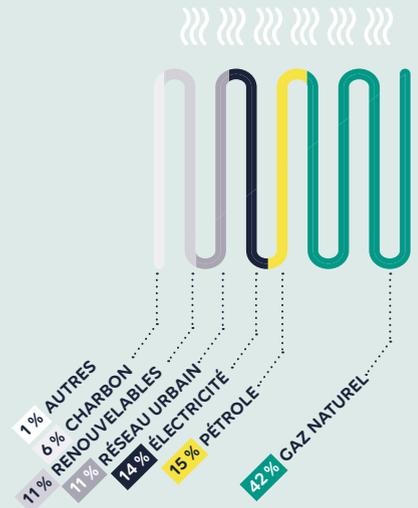
[AIE, 2022](#)



### ÉVOLUTION ANNUELLE DE LA DEMANDE DE REFOUILLISSEMENT DES LOCAUX DEPUIS 2000

Le refroidissement est le poste de consommation d'énergie qui croît le plus rapidement dans les bâtiments. 16 % de la consommation d'électricité des bâtiments y sont déjà dédiés.

[AIE, 2022](#)



### PART DES DIFFÉRENTS CARBURANTS DANS LE CHAUFFAGE DES BÂTIMENTS

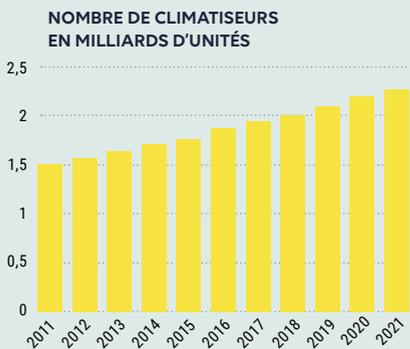
Les énergies fossiles représentent actuellement la plus grande part du chauffage des bâtiments, le gaz naturel étant le plus important.

[AIE, 2022](#)

Dans le cadre du Million Cool Roofs challenge. Il s'agit d'une initiative de Clean Cooling Collaborative, Global Cool Cities Alliance, SEforALL et Nesta Challenges, qui a accordé des subventions de 125 000 dollars à 10 équipes à travers le monde pour tester différentes technologies de « cool roofs ».

[SEforAll, 2022](#)

### PARC MONDIAL DE CLIMATISEURS EN 2021



Les plus grands marchés pour la vente de climatiseurs sont la Chine, les États-Unis et le Japon, l'Inde et l'Indonésie affichant la plus forte croissance.

[AIE, 2022](#)

**1,1 million m<sup>2</sup>**



## Adaptation et indépendance énergétique convergent vers la sortie des fossiles dans les bâtiments et infrastructures des villes

**586**

VILLES

### ONT DES ACTIONS D'ATTÉNUATION

Cela comprend des actions telles que la rénovation et l'amélioration de l'efficacité énergétique, mais aussi la mise en œuvre de codes de construction ou la production d'énergie sur place.

[CDP, 2022](#)

**461**

VILLES

### ONT DES ACTIONS D'ADAPTATION

Le plus grand nombre de ces actions concernaient les inondations et l'élévation du niveau de la mer, suivies par les précipitations extrêmes et la chaleur extrême.

[CDP, 2022](#)

**59**

VILLES

Ces interdictions ont été adoptées ou sont en passe de l'être, principalement dans des villes américaines et européennes.

[REN21, 2022](#)

### ONT INTERDITS DES COMBUSTIBLES FOSSILES POUR TOUS LES BÂTIMENTS



TENDANCES  
ADAPTATION

# Les acteurs de l'immobilier revoient leurs fondations pour s'adapter aux changements climatiques

OPHÉLIE CUVILLARD • Assistante de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance  
ANTOINE GILLOD • Directeur, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

À l'heure des appels à la sobriété, des pressions géopolitiques sur l'approvisionnement en énergie et d'intensification des aléas climatiques, le secteur des bâtiments est contraint de s'adapter. Face à la multiplication des événements climatiques extrêmes, la valeur des actifs immobiliers exposés se dégrade. La disposition des nouvelles constructions, leur conception et leur composition sont ainsi repensées en vue des projections climatiques. Les activités de rénovation du bâti existant et de construction de l'immobilier futur font face à l'impératif de combiner efficacité énergétique et résistance aux pressions climatiques. Pour cela, l'adaptation se fait une place croissante dans les codes de construction, l'architecture et le secteur des assurances.



PANORAMA DES DONNÉES

## Les coûts humains, financiers et les émissions s'enflamment avec les effets du changement climatique sur les infrastructures

Les chaleurs et les pluies exceptionnelles enregistrées ces dernières années<sup>1</sup> font écho aux rapports du sixième cycle d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sur l'augmentation de l'intensité des événements climatiques et de la fréquence des événements météorologiques extrêmes. Les événements climatiques tels que l'augmentation des précipitations, la fonte du permafrost, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêt, des orages et des pluies, engendrent de plus en plus la destruction d'infrastructures et d'habitations, impliquant des coûts importants pour la reconstruction et la rénovation.

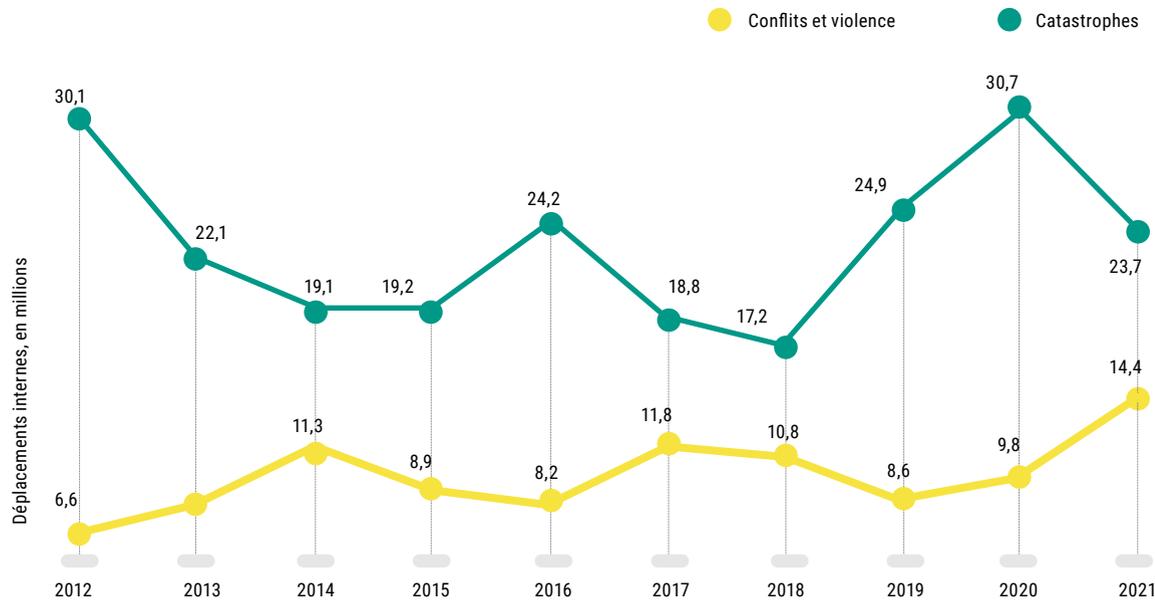
Selon le scénario de réchauffement du GIEC<sup>2</sup> à 1,5 °C, l'Afrique et l'Asie sont les régions qui ont le plus de risques de voir la fréquence et l'intensité des précipitations augmenter, suivies par l'Amérique du Nord et l'Europe. Les sécheresses sont amenées à augmenter sur tous les continents par rapport à la période 1850-1900, excepté en Asie. À partir de 2 °C, les fortes précipitations et les inondations augmenteront en particulier dans les îles du Pacifique et dans certaines régions d'Amérique du Nord et d'Europe.

Ces événements climatiques impactent les infrastructures des parcs immobiliers mondiaux. Four Twenty Seven (427), société californienne créée en 2012 pour analyser les risques du changement climatique, et l'entreprise GeoPhy ont conclu dans un rapport que 35 % des 73 500 propriétés listées dans 321 sociétés d'investissement immobilier cotées (*Real Estate Investment Trust*) étaient menacées par les aléas climatiques : 17 % par des inondations, 12 % par les ouragans et les typhons et 6 % par la montée des eaux et les crues côtières<sup>3</sup>. Le parc immobilier des États-Unis serait également particulièrement menacé. Les villes de New York, San Francisco,

**FIGURE 1**

**DÉPLACEMENTS INTERNES PROVOQUÉS PAR DES CONFLITS, DE LA VIOLENCE ET DES CATASTROPHES NATURELLES ENTRE 2012 ET 2021**

Source : [IDMC, 2022](#)



Miami, Fort Lauderdale et Boston font face à un haut risque de montée des eaux. Au niveau mondial, les parcs immobiliers les plus exposés à la montée du niveau des mers sont situés à Hong Kong et à Singapour. Les infrastructures du Japon sont les plus menacées par les typhons, tandis que les risques d'inondations menacent les villes du sud-est de l'Australie et une partie de l'Europe (est de la France, Belgique, Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Danemark, Suède). Les vagues de chaleur éprouvées au Royaume-Uni ce dernier été ont fait ressurgir l'inadaptation des bâtiments pour contrer la chaleur : certains anciens hôpitaux de Londres n'ont pas de climatisation et des fenêtres qui ne s'ouvrent pas<sup>4</sup>.

Les infrastructures des pays en développement sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques, qui menacent en majorité les pays localisés en Asie<sup>5</sup>, comme le Bangladesh, l'Inde, le Myanmar, le Népal, le Pakistan, les Philippines, la Thaïlande, ou encore le Vietnam<sup>6</sup>. Durant l'été 2022, le Pakistan a subi le mois le plus humide depuis 30 ans et les inondations ont provoqué, début septembre, la mort de 1 100 personnes, la destruction de 287 000 maisons, touché 2 millions d'hectares agricoles et tué 735 000 têtes de bétail<sup>7</sup>. L'Asie pourrait compter pour près de la moitié des nouvelles constructions d'ici 2040. Or, en 2020, moins de 50 % des pays de la région avaient des codes<sup>8</sup> obligatoires, volontaires ou des programmes de certifications<sup>9</sup>. Les îles sont aussi particulièrement exposées à la montée des eaux et en subissent déjà les conséquences. L'Alliance des petits États insulaires (AOSIS) compte parmi les forces les plus influentes dans la défense du financement pour l'adaptation des pays particulièrement exposés et vulnérables aux changements climatiques<sup>9</sup>.

Le secteur des bâtiments compte pour 37 % des émissions globales de gaz à effet de serre et 36 % de la consommation mondiale d'énergie (construction comprise)<sup>10</sup>. Les objectifs visant à développer des bâtiments « zéro émission nette » se concrétisent essentiellement dans la recherche d'efficacité énergétique pour l'atténuation. Mais la recherche de « résilience » prend une place de plus en plus importante dans le débat public ces dernières années, pour soutenir, ici, la capacité de résistance des bâtiments aux changements climatiques.

Ces changements climatiques représentent entre autres des coûts financiers croissants et impactent la valeur du parc immobilier. Dans un pays donné, les propriétés exposées à la montée des eaux ont déjà perdu 7 % de leur valeur par rapport aux propriétés semblables non exposées à ce risque<sup>11</sup>. Les dégâts causés par les catastrophes naturelles représentent des pertes très importantes. Les ouragans Harvey, Irma et Maria en 2017 ont causé 220 Md\$ de dommages et, en 2018, l'ouragan Florence a causé 10 Md\$ de pertes<sup>12</sup>. Aux États-Unis, particulièrement touchés par ce type d'événements, le montant des dégâts s'élève à 56,92 Md\$ en 2021<sup>13</sup>. Ces montants recouvrent majoritairement les coûts de reconstruction, de rénovation et les aides financières, avec le risque que les nouvelles constructions soient détruites à nouveau quelques années après. Certaines zones urbaines devront également, à terme, être abandonnées et les foyers relocalisés<sup>14</sup>. Ainsi, près de 33 millions de personnes ont été déplacées au Pakistan lors des inondations de la fin de l'été 2022<sup>15</sup> ; soit presque autant dans ce seul pays que sur l'ensemble de la planète en 2021 (38 millions ; **FIG. 1**)<sup>16</sup>. Au regard du poids carbone de l'étape de la construction dans le cycle de vie d'un bâtiment – envi-

a Les "building codes" sont des instruments politiques pour les gouvernements nationaux, ou locaux, pour améliorer la performance énergétique des bâtiments, soit au moment de leur construction ou pour leur rénovation.



ron 10 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> sont causées par la fabrication des matériaux de construction<sup>17</sup> – ces reconstructions et rénovations génèrent d'importantes émissions.

Afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur et les coûts financiers, sociaux, humains, culturels engendrés par les aléas climatiques, l'adaptation entre progressivement au cœur des stratégies du secteur des bâtiments. Ce dernier est un secteur privilégié pour l'adaptation en ce qu'il permet de la considérer de manière extensive. En plus de pouvoir constituer un rempart physique face aux aléas climatiques, les bâtiments peuvent également permettre de réaliser des économies d'énergie, à la fois adaptées à la montée des risques de pénurie d'offre et au contexte géopolitique.



## L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

### En changeant plus vite que les fondations, le climat fait trembler le parc immobilier

#### L'intégration des données climatiques dans les codes de construction et la planification

Les stratégies du secteur des bâtiments reposent sur une cartographie plus précise des risques et des spécificités climatiques du terrain, et sur des nouvelles méthodes de construction pour rendre les bâtiments plus résilients aux phénomènes climatiques. Une étude<sup>18</sup> menée par le National Institute of Building Sciences (NIBS) a montré que l'adoption des derniers codes de construction aux États-Unis pouvait permettre d'éviter la construction d'environ 15 000 nouvelles maisons, soit l'équivalent d'1,5 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an<sup>19</sup>. L'étude indique également que si les catastrophes étaient davantage prises en compte dans les codes de construction, réduisant ainsi les démolitions, les émissions seraient d'autant plus réduites.

Lancé en 2019, le Global Resiliency Dialogue (GRD) réunit dans un groupe de travail des autorités et des chercheurs basés au Canada, aux États-Unis, en Australie et en Nouvelle-Zélande afin d'échanger et partager des expériences sur l'intégration des nouveaux risques climatiques dans les codes de construction. Les membres de la coalition s'accordent à reconnaître que leurs codes de construction, traditionnellement fondés sur l'observation historique des événements météorologiques passés, sont inadaptés à l'anticipation des évolutions futures des aléas climatiques. Sur la base de deux rapports publiés en janvier et novembre 2021, le GRD s'apprête donc à publier au second semestre 2022 des « *Lignes directrices internationales pour la résilience* » (*International Resilience Guidelines*<sup>20</sup>). Les résultats des premières enquêtes montrent qu'il faut attendre une décennie en moyenne entre chaque renouvellement des données météorologiques historiques dans les codes de construction. L'enjeu pour chacun de ces pays est donc désormais d'y intégrer des modélisations climatiques dans la conception de leurs codes de constructions au nom de la résilience (CF. ENCADRÉ 1) des bâtiments.

#### ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

### LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE

Le Center for Climate and Energy Solutions définit la résilience climatique comme « *la capacité d'anticiper, d'être préparé et de répondre à des événements ou des perturbations climatiques dangereux* » et mentionne en particulier des événements ponctuels tels que les vagues de chaleur, les pluies torrentielles, les ouragans ou les feux de forêts, sans oublier des changements de long terme comme la montée du niveau des mers, l'aggravation de la qualité de l'air et les migrations climatiques. Les plans de résilience municipaux se concrétisent notamment au niveau des bâtiments, comme le plan d'action contre la chaleur à Phoenix, qui a favorisé les procédés de climatisation naturelle<sup>21</sup>. Le conseil des codes de construction internationaux (ICC), en partenariat avec l'Alliance pour la résilience nationale et des communautés (Alliance for National & Community Resilience), a défini l'apport des codes de construction sur les capacités de résilience d'une communauté dans le rapport « *Building Community Resilience through Modern Model Building Codes* »<sup>22</sup> en 2018. Ce dernier détermine ainsi les quatre aspects que recouvre la résilience dans le secteur du bâtiment : l'efficacité des bâtiments et de leur remise en état pour atténuer les catastrophes ; assurer le bien-être ainsi que la santé mentale et physique de ses occupants ; améliorer le cycle de construction ; et créer une communauté « durable ». Un bâtiment qui doit être démolé après un aléa n'est pas considéré comme « durable ». Enfin, la résilience des infrastructures est reconnue par l'ANCR comme un des trois piliers pour assurer la résilience d'une communauté, avec les mesures sociales et de gouvernance<sup>23</sup>.

Le second rapport<sup>24</sup> établi par le Global Resiliency Dialogue donne la ville de New York en exemple pour illustrer l'intégration des projections climatiques dans les codes de construction et les normes. La ville est une des plus exposées à l'augmentation du niveau des mers – aux côtés de Calcutta, Bombay, Dacca, Miami, Alexandrie ou Lagos<sup>25</sup> – avec une projection moyenne d'une élévation de 2,25 mètres tous les cinq ans<sup>26</sup>. Pour intégrer les projections climatiques dans les plans d'investissements publics de la ville, la municipalité a instauré un guide de conception de la résilience climatique (*The City's Climate Resiliency Design Guidelines*<sup>27</sup>). Ce dernier fournit aux ingénieurs, architectes et planificateurs urbains une méthodologie qui intègre les données historiques, les données nouvelles et les avancées scientifiques. Cette méthodologie joue un rôle d'intermédiaire entre les données climatiques et les actions possibles pour y répondre. Elle traite trois aléas climatiques auxquels la ville est exposée : les inondations, l'augmentation de l'intensité des précipitations et les vagues de chaleur. Pour réduire la chaleur urbaine par exemple, le rapport encourage à repenser les matériaux utilisés pour les façades extérieures des bâtiments : ceux qui renvoient les rayons de soleil créent un réchauffement urbain localisé et augmentent l'utilisation de la climatisation, qui participe aussi à ce mécanisme. Plusieurs solutions sont proposées pour chaque problème soulevé : pour la chaleur urbaine, le guide propose de recouvrir 50 % de la surface du site d'un projet de toits végétalisés, d'ombre ou de surfaces hautement réfléchissantes en ville (dallages clairs). Ces solutions répondent

donc à l'objectif de réduction de la chaleur urbaine tout en assurant une température stable à l'intérieur des bâtiments : l'intégration collective des différents enjeux permet de ne pas mettre en place des mesures contradictoires. C'est un des messages portés par le dernier sondage du Global Resiliency Dialogue : « les réglementations des planifications devraient être développées en parallèle des codes de construction, afin d'harmoniser l'approche de la résilience adoptée dans les deux cas »<sup>28</sup>.

L'intégration des différents enjeux via des planifications urbaines s'avère aussi stratégique quand les risques sont importants. Pour faire face aux inondations, la Chine aménage des « villes éponges »<sup>b</sup> (*sponge cities*). Elles se caractérisent par un meilleur contrôle de l'eau, grâce à son infiltration dans le sol et à la gestion de son évacuation : elles intègrent également les plans d'urbanisation *Low Impact Development* (LID) développés en 1987 pour la gestion des eaux d'orage, dont la nécessité croît à mesure que les orages s'intensifient avec le changement climatique<sup>29</sup>. Le concept LID a généré de nombreuses recherches sur la gestion des eaux d'orage en Europe, en Amérique du Nord et en Australie, qui ont contribué à la mise en place de « villes éponges » dans l'État de Géorgie et

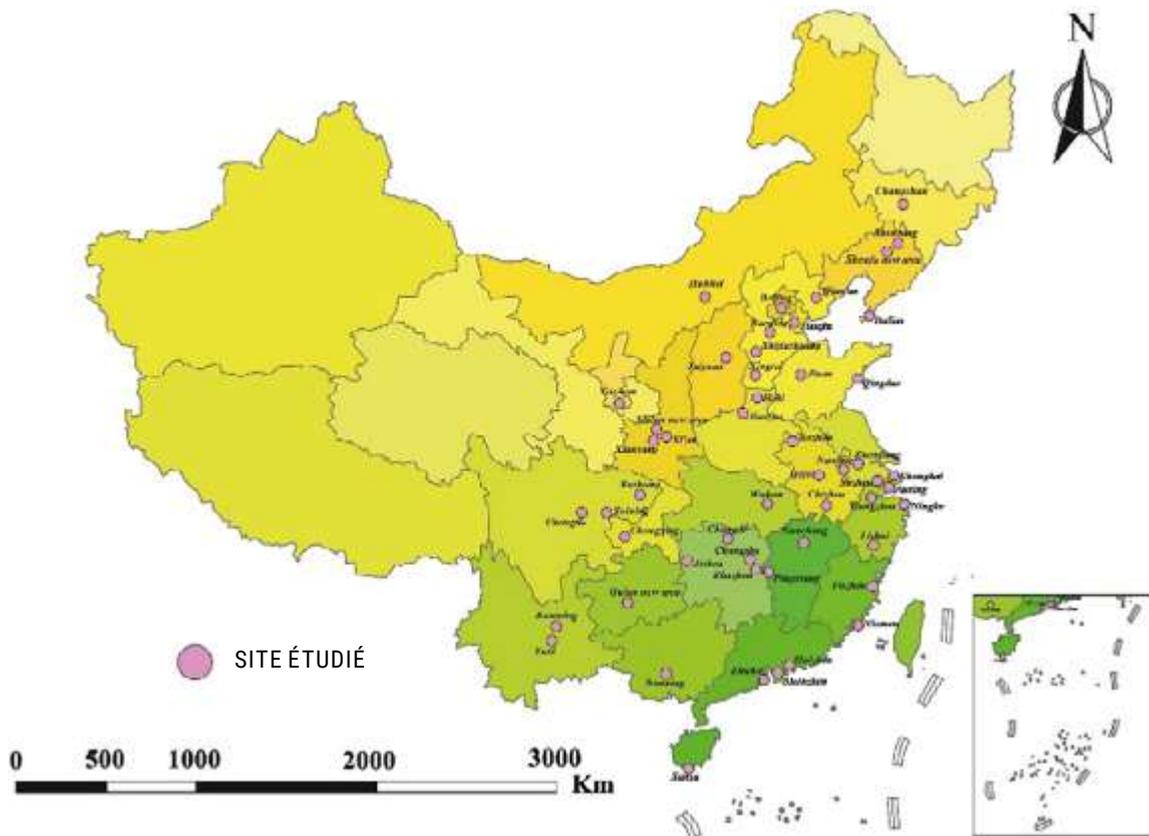
à Chicago par exemple<sup>30</sup>. Ce concept s'applique également à certaines infrastructures comme les toits végétalisés, les pavements perméables ou des fossés permettant l'infiltration de l'eau dont l'efficacité a été démontrée dans des simulations des villes du sud de l'Italie<sup>31</sup> ou la ville polonaise Gorzów Wielkopolski<sup>32</sup>. Trente villes en Chine ont été retenues en tant que villes pilotes pour la mise en place des « villes éponges » et d'autres villes en présentent les caractéristiques (FIG. 2). Les villes sont majoritairement localisées dans le sud et l'est de la Chine, en raison de leurs caractéristiques climatiques et géographiques.

La mise en place de ce type de planifications urbaines présente de nombreux co-bénéfices : en plus d'augmenter la protection des personnes et des infrastructures face aux inondations, elles participent à l'amélioration de la qualité du sol et de l'eau, assurent une biodiversité plus riche et contribuent au bien-être de la ville avec l'intégration de plus d'espaces verts. Bien que l'atteinte de ces différents objectifs dépende des caractéristiques géographiques et climatiques, les différentes villes chinoises à l'étude ont pour l'instant toutes montré des effets « satisfaisants » en ce qui concerne le contrôle des surplus d'écoulement d'eau<sup>33</sup>.

**FIGURE 2**

**VILLES CHINOISES AYANT ENTREPRIS DES CONSTRUCTIONS DANS LE CADRE DE LID**

Source : [SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 2022](#)



b En plus de zones humides favorisant l'absorption de l'eau, des réservoirs souterrains permettent de stocker l'eau le temps de l'inondation et de permettre son évacuation ensuite. L'urbanisation telle qu'elle a été menée jusqu'à maintenant empêche l'infiltration de l'eau, aggravant les impacts des inondations.

La performance énergétique des bâtiments joue également un rôle pour leur adaptation aux aléas climatiques. Si certains équipements permettent d'optimiser la consommation de l'énergie, la performance énergétique d'un bâtiment est renforcée par l'isolation, les aérations ou encore la végétalisation. Pour prévenir les vagues de chaleur, la ville de Bâle en Suisse a initié un programme de toits végétalisés, qui en fait aujourd'hui la ville avec la plus grande surface de toits végétalisés par habitant. Le programme a été financé par un fonds mis en place par la ville dans les années 1990, à l'issue d'une loi qui prévoyait le reversement de 5 % des factures d'électricité pour ce fonds d'économie d'énergie. Le projet s'est renforcé par la suite avec l'obligation en 2010 de convertir tous les toits plats à rénover ou à construire en toits végétalisés. L'initiative a été défendue pour ses bénéfices d'économie énergétique, en même temps que ses qualités d'adaptation : les toits végétalisés peuvent réduire la température intérieure jusqu'à 5 °C<sup>34</sup> et sont une alternative quand il est impossible d'instaurer des espaces verts autour du bâtiment. Ils constituent également un outil efficace contre les écoulements d'eaux d'orage, qui, selon une étude britannique prévisionnelle<sup>35</sup>, pourraient être réduits à hauteur de 17 à 20 % si tous les toits adaptés étaient végétalisés au Royaume-Uni.

Au niveau européen, dans une situation qui plaide pour le renforcement de l'autonomie et de la sobriété<sup>36</sup>, optimiser la consommation énergétique se révèle un outil stratégique et d'adaptation au contexte géopolitique. Elle permet de diminuer les commandes en énergie, fossile pour la majorité, (FIG. 3) et d'utiliser une quantité d'énergie donnée plus longtemps.

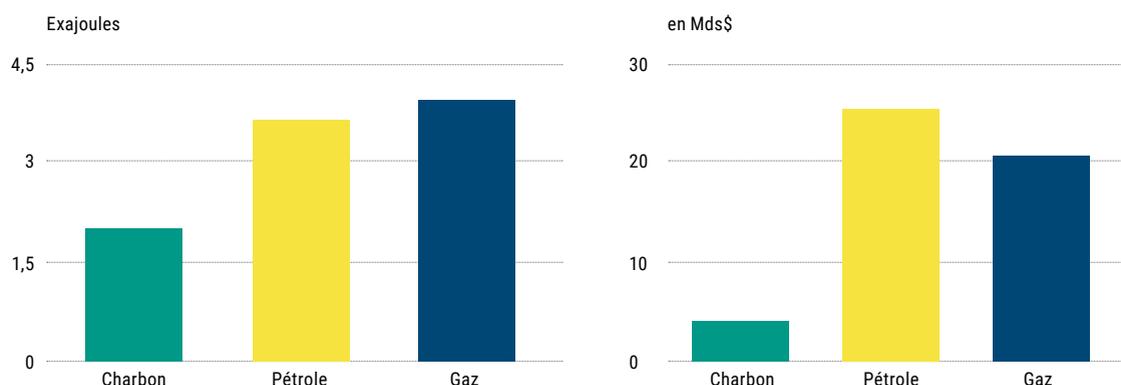
Au cours des derniers mois, de nombreux États ont annoncé des mesures de sobriété pour réduire la consommation énergétique des bâtiments. Parmi les mesures notables, l'Italie a interdit la programmation de la climatisation des bâtiments publics sous 25 °C du 1<sup>er</sup> mai 2022 au 31 mars 2023 et celle du chauffage au-dessus de 19 °C pendant l'hiver<sup>37</sup>, et l'Autriche a avancé la date d'interdiction de vente de nouvelle chaudière à gaz en 2023, initialement prévue en 2025<sup>38</sup>. Les chaudières à combustion fossile sont aussi pointées pour la pollution intérieure qu'elles génèrent : c'est notamment le propos de la pétition de 25 ONG américaines à destination de l'Agence de protection de l'environnement (EPA) pour inciter cette dernière à davantage prendre en compte cette source de pollution<sup>39</sup>. Au regard de la vétusté des bâtiments, de la perte énergétique élevée dans le secteur et de l'impact de la guerre sur les infrastructures, l'Ukraine a déjà annoncé entrevoir une reconstruction « plus verte » après la guerre<sup>40</sup>, fondée sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, lors d'une rencontre entre les autorités ukrainiennes et des partenaires européens – tels que la Commission européenne, la Banque européenne d'investissement et la Banque mondiale – à Lugano, en Suisse, les 4 et 5 juillet 2022.

La mise en œuvre des codes de construction s'avère néanmoins un des principaux obstacles à leur efficacité, en particulier dans les pays où les infrastructures sont les plus vulnérables. Le rapport de GlobalABC dédié au continent asiatique observe que « *bien qu'essentielle, l'application volontaire ou prescriptive des codes de construction soulève des défis, dans la mesure où il revient en général aux collectivités locales de les appliquer. Alors qu'elles n'ont pas toutes les mêmes ressources humaines et financières* »<sup>41</sup>. L'application des codes de construction demeure limitée en Afrique subsaharienne, en Amérique centrale et en Amérique du Sud<sup>42</sup>.

**FIGURE 3**

LA RÉDUCTION DES IMPORTATIONS D'ÉNERGIE FOSSILE DES PAYS DE L'AIE ET D'AUTRES ÉCONOMIES ÉMERGENTES MAJEURES° PERMISE PAR LES AMÉLIORATIONS D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DEPUIS 2000 (EN DOLLARS ET EN CARBURANT)

Source : Agence internationale de l'énergie, 2019



° Les pays considérés sont les membres de l'Agence internationale de l'énergie et la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Indonésie, la Fédération de Russie, l'Afrique du Sud et l'Argentine.



Le défaut d'application des codes de construction a été souligné comme un des principaux facteurs de vulnérabilité et de destruction des bâtiments et infrastructures face à des aléas géographiques et climatiques<sup>43</sup>. La capacité des pays à être dans la meilleure conformité possible avec les codes de construction tient notamment du niveau de richesse des pays. En particulier, certaines études ont mis en avant les facteurs de dépendance de ces pays à l'importation des matériaux de construction et de la non-intégration des derniers codes de construction par les parties prenantes majeures du secteur des bâtiments au sein des pays<sup>44</sup>. Le niveau de richesse n'est néanmoins pas le seul facteur qui joue quand le pays présente de fortes vulnérabilités aux changements futurs, comme c'est le cas de la Nouvelle-Zélande où une personne sur sept vit dans un lieu enclin aux inondations, représentant 100 milliards de dollars de valeur résidentielle<sup>45,46</sup>. Le rapport national d'évaluation des risques du changement climatique, publié en 2020, a rappelé l'importance d'une mise en œuvre planifiée en Nouvelle-Zélande, qui a servi de base pour l'élaboration du premier plan d'adaptation du pays délivré, en 2022. Le chapitre 7 du plan est consacré au secteur des bâtiments et intègre des codes de construction « résilients » face à la montée du niveau des eaux. La stratégie de résilience néo-zélandaise prévoit aussi d'éviter les nouvelles constructions sur les zones côtières ou le renforcement des législations vis-à-vis de la transparence des banques sur leur exposition aux risques climatiques. En 2021, la Nouvelle-Zélande était en effet le premier pays à proposer une loi qui rendrait obligatoire, de la part des institutions financières, la divulgation de l'évaluation de leurs investissements et des prêts accordés aux entreprises au regard des risques climatiques auxquels elles sont exposés<sup>47</sup>.

### La capacité de résistance des bâtiments s'édifie dès l'étape de la conception

Il ressort d'une étude menée par l'ESCAP & l'Asian Institute of Technology<sup>48</sup> que c'est dans la phase d'architecture que se joue la résistance des bâtiments, alors que les phases ultérieures permettent de répondre aux objectifs d'atténuation. La résilience des bâtiments est d'autant plus renforcée que toutes les étapes de la construction sont pensées au profit des objectifs d'adaptation et d'atténuation.

Le Japon a annoncé en 2022 que les nouvelles constructions – des bâtiments résidentiels et non résidentiels – devront intégrer les normes d'efficacité énergétique<sup>49</sup>. Pour l'instant, seuls les bâtiments non résidentiels de plus de 300 m<sup>2</sup> y étaient contraints. Des architectes seront chargés d'expliquer aux propriétaires les impacts de l'introduction d'énergies renouvelables. Ces mesures élargissent la contribution de la phase de conception dans l'atteinte des objectifs d'atténuation, en plus des ambitions de résistance, dont les architectures japonaises sont les championnes. En 2018, l'archipel nippon était reconnu par la Banque mondiale comme un des environnements « *les plus sûrs et résilients face aux catastrophes dans le monde* »<sup>50</sup>. Les architectures du Japon sont parmi les

plus élaborées pour faire face aux tremblements de terre et aux typhons, auxquels le pays est particulièrement exposé. C'était un des pays leaders du Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, adopté par les Nations unies en 2015 et qui prévoit une stratégie jusqu'en 2030. Une des leçons que le Japon a mises en avant est l'importance de la participation du secteur privé pour le partage des technologies et des savoir-faire<sup>51</sup>. De nombreuses initiatives ont lieu en Asie à toutes les échelles : plus au sud, la ville de Dapitan, aux Philippines, a par exemple construit des maisons monolithiques en pierre de basalte et en utilisant la forme ronde pour la résistance aux vents et aux typhons<sup>52</sup>.

C'est aussi lors de la conception que les architectes peuvent renforcer l'imperméabilité du bâtiment aux températures extérieures. L'Espagne est un des pays européens les plus exposés aux vagues de chaleur, à l'intensification des épisodes de sécheresse et à la raréfaction de l'eau. À 18 km de Madrid, à Móstoles, le bâtiment pour le département de l'énergie de l'Institut de Madrid pour les études avancées (IMDEA), construit en 2012, a été entièrement pensé pour faire face à cet enjeu climatique. L'enjeu d'assurer la résistance du bâtiment face à des températures extérieures très élevées, sans utiliser davantage d'énergie pour la climatisation, a été traité avec une architecture « bioclimatique »<sup>d</sup>. L'isolation est assurée par des façades ventilées et de multiples autres solutions ont été mises en place pour limiter l'exposition directe au soleil ou à ses radiations, et favoriser l'ombre. Les toits sont composés d'un matériau blanc favorisant la réflexion des rayons. La conception du bâtiment et les efforts pour maximiser l'efficacité énergétique des équipements lui permettent d'afficher une classe A sur le diagnostic de performance énergétique et un besoin d'énergie primaire de 169 kWh/m<sup>2</sup> quand celui d'un bâtiment standard est de 492 kWh/m<sup>2</sup><sup>53</sup>. Les économies d'eau ont également été pensées dès la conception du bâtiment : l'eau de pluie est récupérée sur le toit, en particulier pour irriguer les parties végétalisées. Le parking est fait d'une surface perméable pour limiter les risques d'inondations et pour prévenir l'augmentation de l'intensité des pluies. 40 % de l'eau, au niveau des toilettes et des éviers, est économisée par rapport à un bâtiment habituel.

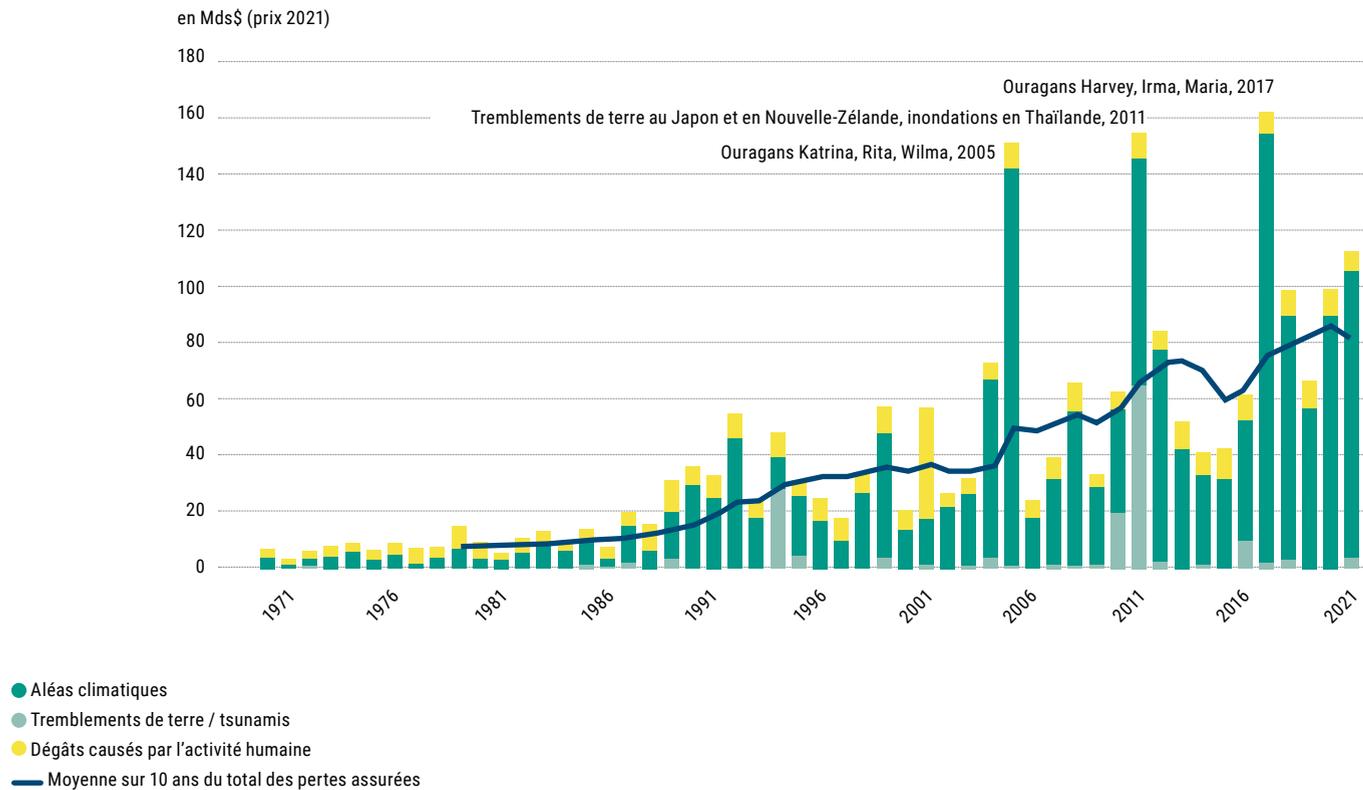
Entre 2017 et 2050, la surface des bâtiments devrait doubler en Afrique, dont 90 % de bâtiments résidentiels<sup>54</sup>. L'intégration des risques climatiques dans les nouvelles constructions peut y apporter de nombreux co-bénéfices, que ce soit en évitant des émissions supplémentaires grâce aux mesures d'efficacité énergétique ou en permettant d'avoir accès à de meilleures conditions de vie. ICLEI Afrique, une initiative régionale de collectivités territoriales engagées sur le climat, recense plus de 50 projets<sup>55</sup> pour la résilience en Afrique qui ont été mis au point à l'échelle municipale. Les deux villes de Nacala (Mozambique) et Moroni (Comores) ont été reconnues pour leur leadership et pour avoir été les premières à être dans l'alignement du guide du Global Covenant of Mayors. Les villes côtières du Mozambique ont fait l'objet d'un projet (CCAP)

<sup>d</sup> L'architecture bioclimatique représente une architecture utilisant des énergies renouvelables, la ventilation naturelle et l'optimisation des moyens utilisés pour la construction. Elle permet ici d'assurer une température intérieure basse face à de fortes températures extérieures et de minimiser l'énergie utilisée pour le refroidissement et l'éclairage.

**FIGURE 4**

**CAUSES DES PERTES ASSURÉES DEPUIS 1970**

Source : *Swiss Re Institute, 2021*



pour l'adaptation des villes côtières du pays, dont Nacala fait partie, de novembre 2013 à novembre 2018. Différents groupes et acteurs ont contribué aux projets de construction pour s'assurer que « *les techniques et les matériaux de construction étaient adaptés à la culture locale* »<sup>56</sup>. Vingt-deux maisons « modèles » ont été mises au point à l'issue de ce projet qui a réuni des architectes, des décideurs locaux, des groupes de femmes et des artisans locaux. Ces modèles reposent par exemple sur des toits permettant de récupérer l'eau de pluie pour les usages du foyer, en même temps qu'ils sont construits de sorte à résister à des vents importants. Les matériaux des toits sont résistants à l'eau et les angles ne dépassent pas 12,5 degrés de sorte à limiter leur exposition aux vents. Le CCAP a participé à l'élaboration des codes de construction du gouvernement. Le coût de l'adaptation des bâtiments est aussi défendu par les porteurs du projet auprès des particuliers, comme des économies sur le long terme, dans la mesure où des architectures plus résilientes peuvent éviter des frais de reconstruction.

L'intégration des méthodes traditionnelles est aussi mise en avant par des architectes africains pour la résilience des bâtiments. L'intégration du refroidissement passif (*passive cooling*) dans la conception des nouveaux bâtiments est présentée par la GlobalABC<sup>57</sup> comme une stratégie importante pour limiter l'augmentation de la demande en climatisations artificielles. C'est ce que le Prix Pritzker d'architecture 2022, Diébédo Francis Kéré, a réalisé dans l'école de Gando, au Burkina Faso, en combinant les dernières connaissances architecturales

avec les méthodes ancestrales et les matériaux locaux afin d'adapter le bâtiment à son environnement. L'école est entièrement refroidie grâce à des méthodes passives, via une ventilation naturelle et une structure limitant l'absorption de la chaleur par le bâtiment. Le bâtiment n'a donc pas besoin de consommer de l'énergie pour son refroidissement grâce à l'intégration de cet enjeu dès l'étape de sa conception.

Les méthodes traditionnelles inspirent les conceptions bioclimatiques, quand elles ont été conçues localement pour faire face à des événements climatiques particuliers<sup>58</sup>, comme les cyclones et les inondations dans les zones rurales. Les techniques traditionnelles de constructions des habitants des îles Salomon<sup>59</sup> ont inspiré les conceptions bioclimatiques, notamment pour la ventilation naturelle (pour les zones chaudes et humides) par exemple. Elles utilisent des matériaux locaux qui sont adaptés au climat local, valorisent de multiples espaces d'aération et surélèvent les habitations (pavillons) grâce à des pilotis les protégeant des inondations causées par les moussons. De plus, les matériaux traditionnels<sup>60</sup> comme le bois, la pierre ou la terre sont moins émetteurs de gaz à effet de serre que des matériaux comme le béton ou l'acier et permettent de conserver la culture architecturale.

**Face aux risques climatiques, le secteur de l'assurance en chantier**

Le secteur de l'assurance est fortement exposé aux « risques physiques » posés par le dérèglement climatique. Selon l'évaluation de Swiss Re, les catastrophes naturelles ont généré

112 milliards de dollars de pertes assurées en 2021, soit le quatrième total annuel le plus élevé jamais enregistré (FIG. 4)<sup>61</sup>. D'après une évaluation de l'Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles (EIOPA), une agence de surveillance du Système européen de supervision financière, « toutes les stratégies commerciales liées à la propriété sont amenées à être impactées par des risques physiques dus au changement climatique »<sup>62</sup>. En 2020, environ 80 % des pertes commerciales dues aux tempêtes et aux inondations en Europe provenaient de dommages sur les bâtiments. L'augmentation de la réalisation des « événements cumulés »<sup>e</sup> (compound events) nécessite un changement dans la gestion des risques.

Les rapports d'évaluation des risques du secteur intègrent de plus en plus de données et d'analyses<sup>63</sup>, dont le partage constitue un levier d'action majeur pour les assurances et pour l'adaptation, même si l'exposition aux risques physiques est particulièrement difficile à quantifier<sup>64</sup>. Aux États-Unis, un nouveau rapport de l'ONG Natural Resources Defense Council (NRDC) montre qu'acquérir une propriété ayant déjà été exposée à des épisodes d'inondations pouvait générer jusqu'à des dizaines de milliers de dollars<sup>65</sup> de dommages supplémentaires par rapport à une propriété sans un tel historique, au cours du remboursement du prêt immobilier. La transparence des données historiques revêt dès lors un enjeu crucial. Cependant, 21 États américains n'exigent pas le partage de cette information par le vendeur<sup>66</sup>. Une maison emportée par l'océan en Caroline du Nord en mai 2022<sup>67</sup> a suscité de vives réactions sur les réseaux sociaux, appelant à rendre obligatoire la divulgation des risques auxquels sont exposés les propriétés et les terrains sur lesquels elles sont construites. Néanmoins, la fixation des prix des contrats d'assurance varie et ne repose pas toujours sur les mêmes caractéristiques. Depuis que l'Agence fédérale des situations d'urgence (FEMA) a changé son mode de calcul, le prix des primes d'assurance pour les maisons qui se trouvent les plus proches des sources d'eau ou des risques d'ouragans comme c'est le cas en Floride, vont drastiquement augmenter. Certains propriétaires ont déjà dû payer des frais d'assurance supplémentaires<sup>68</sup>, bien qu'ayant adopté des mesures limitant la vulnérabilité de leur habitation.

La révision de la méthodologie de calcul de la FEMA est un exemple des mesures d'adaptation du secteur lui-même face au changement de la fréquence et de la répartition des risques. Car si le secteur de l'assurance peut constituer un outil d'adaptation face aux événements climatiques extrêmes, il doit également s'adapter lui-même aux nouveaux enjeux, pour gérer ses propres « risques de transition ». Le marché de l'assurance en Louisiane connaît des faillites en chaîne de compagnies d'assurance après le passage de l'ouragan Ida l'an dernier<sup>69</sup>. Faillites qui sont tombées au « pire moment de l'année », où les feux de forêts et les inondations sont nombreux, laissant des milliers de personnes non assurées. La vulnérabilité d'une partie de l'Australie fait également émerger une « crise assurantielle » avec une maison sur

25 qui a de grandes chances de ne plus être assurable d'ici 2030<sup>70</sup>. Ce phénomène risque aussi d'augmenter les inégalités puisqu'il rend les maisons à risque plus abordables, attirant les ménages les plus modestes. Une autre conséquence est l'augmentation de la valeur des actifs, qui rendrait les assurances moins abordables. Or, le nombre de contractants est une condition de l'efficacité et de la sécurité – voire de la résilience – du modèle économique des assurances, qui repose sur le partage du coût des risques.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**L'intégration de l'adaptation dans les codes de construction ou de rénovation reste marginal, bien que l'augmentation des impacts du changement climatique cause de plus en plus de dégâts matériels et de pertes de vies humaines. Des pays comme le Japon ou les États-Unis ont lancé tôt des recherches pour prévenir les catastrophes naturelles auxquelles ils sont historiquement exposés. Néanmoins, ces dernières sont amenées à s'intensifier dans ces pays et à augmenter dans ceux où elles étaient moins probables, du fait du changement climatique. Ce dernier exige l'intégration complémentaire des mesures d'atténuation et d'adaptation, qui n'étaient pas prises en compte dans les technologies visant exclusivement la résistance des bâtiments. Certaines initiatives pionnières tentent de mettre en œuvre des projets qui viseraient à la fois à réduire la consommation énergétique et à rendre les bâtiments plus résistants sur le long terme. L'intégration des mesures d'adaptation amène néanmoins à repenser l'intégration de techniques ancestrales dans les projets de construction, du fait de leur nature ultra localisée, ce qui les rend moins duplicables que les mesures visant à réduire les émissions de GES. Pour faire face aux impacts quand ils ont déjà eu lieu, l'assurance peut être un levier important ; mais l'augmentation de ces impacts oblige le secteur à s'adapter. En effet, l'adaptation a trait à la réalisation de risques et donc à la capacité du secteur de l'assurance à fonctionner à partir d'un modèle qui prenne en compte l'augmentation de ces risques et qui parvienne à mieux les répartir.**

<sup>e</sup> Les « événements cumulés » sont mentionnés dans le dernier rapport du GIEC comme une des principales manifestations du changement climatique. Il se définissent par l'accumulation de plusieurs aléas en même temps (ex : précipitations et vagues de chaleur simultanées ou plusieurs conditions climatiques qui favorisent l'apparition de feux de forêts : un climat venteux sec et chaud).

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 World Meteorological Organization (2021). [State of Climate in 2021 : Extreme events and major impacts](#). World Meteorological Organization
- 2 Masson-Delmotte, V. et al. (2021). [Summary for Policymakers. In : Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#). GIEC, pp. 3-32. Point C.2.2
- 3 Starkman, K. (2018). [Climate Risk, Real Estate, and the Bottom Line](#). Four Twenty-Seven & GéoPhy
- 4 McCann, J. (16/07/2022). [UK heatwave 'will be a nightmare' for under-pressure NHS as Covid cases soar, doctor warns](#). Inews
- 5 GlobalABC, IEA & UNEP (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia : Towards A Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Agence internationale de l'énergie
- 6 Eckstein, D., Hutfils, L-M. & Wings, M. (2019). [The Global Climate Risk Index 2019](#). Germanwatch
- 7 HCNUR (02/09/2022). [Pakistan's disastrous floods uproot refugees and citizens](#). Haut Commissariat des Nations unies pour les réfugiés
- 8 GlobalABC, IEA & UNEP. (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia : Towards A Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Agence internationale de l'énergie
- 9 Ourbak, T. & Magnan, A. K. (2018). [The Paris Agreement and climate change negotiations : Small Islands, big players](#). Regional Environmental Change
- 10 Programme des Nations unies pour l'environnement (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction : Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Global Alliance for Buildings and Construction
- 11 Bernstein, A., Gustafson, M. & Lewis, R. (2018). [Disaster on the Horizon : The Price Effect of Sea Level Rise](#). Journal of Financial Economics
- 12 Starkman, K. (2018). [Climate Risk, Real Estate, and the Bottom Line](#). (...). op. cit.
- 13 CoreLogic. (2022). [2021 Climate Change - Catastrophe Report](#). CoreLogic
- 14 Beckett, S. (2021). [Special Report - The Impact of Climate Change on Housing and Housing Finance](#). Research Institute for Housing America & Mortgage Bankers Association
- 15 UNHCR (02/09/2022). [Pakistan's disastrous floods \(...\)](#), op.cit.
- 16 IDMC (2022). [Global Report on Internal Displacement](#). International Displacement Monitoring Centre
- 17 Programme des Nations unies pour l'environnement. (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction : Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Global Alliance for Buildings and Construction
- 18 Santos, J. et al. (2019). [Natural Hazard Mitigation Saves : 2019 Report](#). National Institute of Building Sciences. National Institute of Building Sciences
- 19 Porter, K. (2021). [Do Disaster-Resistant Buildings Deliver Climate Benefits?](#). SPA Risk LLC
- 20 Global Resiliency Dialogue. (2021). [Delivering Climate Responsive Resilient Building Codes and Standards](#). Global Resiliency Dialogue
- 21 Guardaro, M. et al. (2018). [Nature's Cooling Systems : Neighborhood-Built Community Heat Action Planning](#). American Geophysical Union
- 22 International Code Council (2018). [Building Community Resilience through Modern Model Building Codes](#). International Code Council
- 23 International Code Council (2018). [Building Community Resilience through Modern Model Building Codes](#). International Code Council
- 24 International Code Council (2021). [Global Resiliency Dialogue Second Survey of Building Code Stakeholders – USA](#). International Code Council
- 25 Doig, A. & Ware, J. (2016). [Act now or pay later : protecting a billion people in climate-threatened coastal cities](#). Christian Aid
- 26 Alvarez, C. (2017). [New York inondée tous les cinq ans à cause du changement climatique](#). Novethic
- 27 NYC Mayor's Office of Resiliency (2020). [Climate Resiliency Design Guidelines](#). NYC Mayor's Office of Resiliency
- 28 Global Resiliency Dialogue. (2021). [Delivering Climate Responsive Resilient Building Codes and Standards](#). Global Resiliency Dialogue
- 29 Berndtsson, R., et al. (2019). [Drivers of changing urban flood risk : A framework for action](#). Journal of Environmental Management, 240, pp. 47-56
- 30 Yingwei, Y. et al. (2022). [Evaluation of comprehensive benefits of sponge cities using meta-analysis in different geographical environments in China](#). Science of The Total Environment, Vol. 836
- 31 Palermo, S. A. et al. (2020). [On the LID systems effectiveness for urban stormwater management : case study in Southern Italy](#). IOP Conference Series : Earth and Environmental Science, Vol 410
- 32 Nowogoński, I. (2020). [Low impact development modeling to manage urban stormwater runoff : case study of Gorzów Wielkopolski](#). Journal of Environmental Engineering and Landscape Management
- 33 Yingwei, Y. et al. (2022). [Evaluation of comprehensive \(...\)](#). op.cit.
- 34 Brenneisen, S. & Baumann, N. (2021). [Case studies : Green roofs in Basel, Switzerland : combining mitigation and adaptation measures](#). ClimateAdapt
- 35 Speak, A. F. et al. (2013). [Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof](#). Science of the Total Environment
- 36 Ghantous, N. (2022). [Energy efficiency equals energy security](#). EnergyMonitor
- 37 Giuffrida, A. (21/04/2022). [Italy puts 25C limit on air conditioning as Ukraine crisis forces energy rationing](#). The Guardian
- 38 Kurmayer, N. J. (14/06/2022). [Austria to ban gas boilers in new buildings as of 2023](#). Euractiv
- 39 Pontecorvo, E. (23/08/2022). [Will the EPA crack down on pollution from buildings?](#). Grist
- 40 Gumbau, A. (24/08/2022). [Ukraine sets plans for ambitious 'green' reconstruction](#). EnergyMonitor
- 41 GlobalABC, IEA & UNEP. (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia : Towards A Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Agence internationale de l'énergie
- 42 Programme des Nations unies pour l'environnement (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction : Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Global Alliance for Buildings and Construction
- 43 Burby, R. and May, P. (2000). [Issues for regulatory enforcement and compliance with building codes : American perspectives](#). 12th World Conference on Earthquake
- 44 Nnadozie Nwadike, A., Wilkinson, S. & Charles Clifton, G. (2019). [Improving disaster resilience through effective building code compliance](#). Conference : I-Rec 2019 Disrupting the status quo : Reconstruction, recovery and resisting disaster risk creation
- 45 Ministry for the Environment of New Zealand (2022). [Adapt and thrive : Building a climate-resilient New Zealand – New Zealand's first national adaptation plan](#). Ministry for the Environment of New Zealand
- 46 McClure, T. (27/04/2022). [New Zealand unveils plan to tackle climate crisis by adapting cities to survive rising seas](#). The Guardian
- 47 BBC (14/04/2021). [NZ to launch world-first climate change rules](#). BBC News
- 48 H. Aliani, A. (2012). [Integrating Environmental Sustainability and Disaster Resilience in Building Codes](#). ESCAP & Asian Institute of Technology
- 49 Rethink Tokyo (2022). [Energy conservation architecture to be mandatory for Japan real estate from 2025](#). Rethink Tokyo
- 50 Moullier, T & Sakoda, K. (2018). [Building regulation for resilience. Converting disaster experience into a safer built environment – the case of Japan](#). The World Bank

- 51 Gouvernement du Japon (n.d.). [Building resilience against climate change : Japan's impact on the world](#). *The Economist*
- 52 Laput, G. (2015). [Super typhoon-proof dome houses to rise in Dapitan](#). *Rappler*
- 53 Arkitoools Estudio de arquitectura. (2013). [Madrid Institute for Advanced Studies \(IMDEA\)](#). *Construction 21*
- 54 GlobalABC, IEA & UNEP. (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Africa 2020-2050](#). *AIE*
- 55 ICLEI Africa (2022). [ICLEI at the forefront of climate adaptation planning with African cities](#). *ICLEI Africa*
- 56 USAID (2018). [Mozambique Coastal City Adaptation Project – Final Report](#). *United States Agency for International Development*
- 57 GlobalABC, IEA & UNEP (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Africa 2020-2050](#). *AIE*
- 58 Chalmers, P. (2014). [Climate Change : Implications for Buildings](#). *BPIE*
- 59 Architecture Bulletin. (Nov/Dec. 2010). [Emerging architecture in the Solomon Islands](#). *Architecture Bulletin*, p. 20-21
- 60 Dejeant, F. et al. (2021). [Matériaux locaux, matériaux d'avenir : Ressources locales pour des villes et territoires durables en Afrique](#). *CRAterre*
- 61 Swiss Re (14/12/2021). [Global insured catastrophe losses rise to USD 112 billion in 2021, the fourth highest on record, Swiss Re Institute estimates](#).
- 62 EIOPA (2022). [Discussion paper on physical climate change risks](#). *European Insurance and Occupational Pensions Authority*
- 63 Swiss Re (06/09/2021). [In a world of growing risk the insurance industry has a crucial role to play](#). *Swiss Re Institute*
- 64 McKinsey (06/01/2021). [How insurance can help combat climate change](#). *McKinsey & Company*
- 65 Teirstein, Z. (04/08/2022). [New report quantifies the costs of buying a home that has previously flooded](#). *Grist*
- 66 NRDC (n.d.). [How states stack up on flood disclosure](#). *NRDC*
- 67 Teirstein, Z. (05/2022). [North Carolina house that collapsed into the sea is a warning for millions of Americans](#). *Grist*
- 68 Younes, L. (19/08/2022). [After FEMA overhaul, hundreds of thousands of Americans are forgoing federal flood insurance](#). *Grist*
- 69 Bittle, J. (24/06/2022). [Louisiana's insurance market is collapsing, just in time for hurricane season](#). *Grist*
- 70 Khalil, S & Turnbull, T. (19/05/2022). [T. Australia election : How climate is making Australia more unliveable](#). *BBC news*



TENDANCES  
BÂTIMENTS COMMERCIAUX

# De l'efficacité à la production d'énergies renouvelables : les surfaces commerciales en quête de renouveau au service de la transition bas carbone

TANIA MARTHA THOMAS • Chargée de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

Les opérations des bâtiments représentent plus d'un quart des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Une demande en énergie dont les bâtiments non résidentiels occupent à leur tour une part importante. En raison des grandes surfaces qu'ils occupent et de leur demande d'énergie relativement plus importante, les bâtiments commerciaux présentent un grand potentiel pour réduire la demande d'énergie, accroître l'efficacité énergétique et augmenter la part des énergies renouvelables – soit par l'approvisionnement, soit par la production sur place. Le secteur commercial peut également influencer des tendances comme l'e-mobilité, en accueillant des stations de recharge pour véhicules électriques (VE), tout en abritant des espaces verts sur les zones bâties.



PANORAMA DES DONNÉES

## La consommation d'énergie thermique en croissance dans les opérations des bâtiments

En 2021, poussée par la relance de l'économie mondiale, l'opération des bâtiments représentait environ 30 % de la demande mondiale d'énergie finale, ayant augmenté de 6 % de son niveau de 2020, et surpassant le pic atteint en 2019. L'usage de l'énergie pour le chauffage, le refroidissement, la cuisson, l'éclairage et l'utilisation a représenté 27 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie, soit 10 GtCO<sub>2</sub><sup>1</sup>. La consommation d'énergie dans les bâtiments a augmenté régulièrement au rythme de 1 % entre 2009 et 2019, avant de connaître une baisse en 2020 et au début de 2021 en raison de la diminution des activités liées à la pandémie de Covid-19, qui a poussé la population à quitter les bâtiments publics et commerciaux pour les bâtiments résidentiels, moins gourmands en énergie<sup>2</sup>. La reprise des activités économiques en 2021 a entraîné un rebond de la consommation d'énergie des bâtiments, en rupture avec la tendance de 2020<sup>3</sup>.

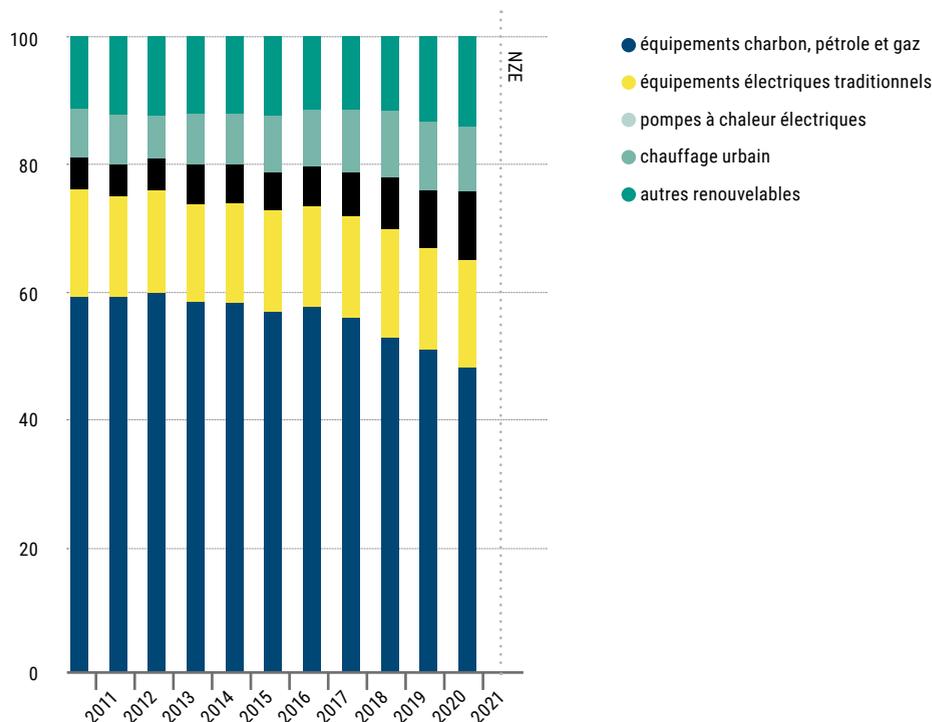
Les principales utilisations finales de l'énergie dans les bâtiments sont divisées dans la littérature en deux catégories : l'énergie thermique (soit l'utilisation de l'énergie pour le chauffage et la climatisation des locaux, le chauffage de l'eau et la cuisson) et l'énergie électrique (couvrant l'utilisation des principaux appareils électroménagers, l'éclairage et d'autres demandes mineures). Au total, l'énergie thermique représente plus des trois quarts (77 %) de la consommation mondiale d'énergie des bâtiments<sup>4</sup>. Cette consommation est encore largement dépendante des combustibles fossiles, ce qui la rend responsable de près de 45 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) des bâtiments, soit près de 12 % des émissions mondiales<sup>5</sup>. La part des énergies renouvelables (hors biomasse traditionnelle) dans le chauffage et le refroidissement des bâtiments a lentement augmenté, pour atteindre 10,7 % en 2019, contre 7,9 % en 2009<sup>6</sup>. Cette augmentation est principalement due à l'électrification des systèmes de chauffage<sup>9</sup>, associée à l'augmentation des énergies renouvelables dans le mix électrique mondial (CF. DOSSIER ÉNERGIE). En 2020, la vente de pompes à chaleur et d'autres équipements renouvelables comme les systèmes de chauffage solaire de l'eau représentaient 20 % des installations globales, avec près de 190 millions de pompes à chaleur en service en 2021<sup>7,8</sup>. En 2021, le marché mondial de pompes à chaleur a augmenté de 15 %<sup>9</sup>. Dans le

a Voir Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). Climate Chance.

**FIGURE 1**

**PART DES TECHNOLOGIES DE CHAUFFAGE VENDUES ENTRE 2010 ET 2020 POUR LES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS ET TERTIAIRES**

Source : Agence internationale de l'énergie, 2021



même temps, les réseaux de chauffage et de refroidissement urbains gagnent également en popularité, tout en évoluant pour inclure davantage de sources renouvelables et desservir des zones plus étendues<sup>9</sup>. Jusqu'en 2020, on observe une diminution constante de l'utilisation du charbon, du pétrole et du gaz naturel pour le chauffage (FIG. 1).

En parallèle, le refroidissement des locaux reste l'utilisation finale de l'énergie dans les bâtiments qui connaît la plus forte croissance, avec une augmentation moyenne de 4 % par an depuis 2000. Cette demande a continué de croître en 2020, sous l'effet des confinements, qui ont poussé la demande de refroidissement résidentiel<sup>10</sup>. Contrairement au chauffage, la climatisation des bâtiments est en grande partie alimentée par l'électricité (la climatisation représente 1 885 TWh, soit 16 % de la consommation finale d'électricité des bâtiments)<sup>11</sup>, et dépend donc fortement du mix électrique de la région. Le dérèglement climatique implique non seulement de garantir un refroidissement plus efficace sur le plan énergétique, mais aussi d'élargir l'accès au refroidissement face à l'augmentation des températures mondiales – en 2022, 1,2 milliard de pauvres urbains et ruraux ont été identifiés comme étant en danger en raison d'un manque d'accès au refroidissement<sup>12</sup> (CF. CAS D'ÉTUDE INDONÉSIE).

Un aperçu régional basé sur les données de 2019 indique que l'Asie a la plus grande demande énergétique des bâtiments, suivie par les Amériques et l'Europe, l'Afrique arrivant en dernier. Alors que le mouvement visant à « tout électrifier » (*electrify everything*) continue de s'étendre, l'Europe affiche le plus haut niveau d'électrification des bâtiments, à 48 %, tandis que l'Asie et les Amériques se situent respectivement à 33 % et 27 %. L'Afrique n'a touché que 8,4 %<sup>13</sup>. Les gouvernements locaux ont été très actifs dans la promotion des énergies renouvelables dans les bâtiments, utilisant souvent des incitations fiscales et financières pour encourager l'utilisation des énergies renouvelables dans les bâtiments existants, ou mettant en place des restrictions sur l'utilisation des fossiles pour le chauffage des locaux et de l'eau et la cuisson (59 villes avaient mis en place de telles mesures en 2021)<sup>14</sup>.

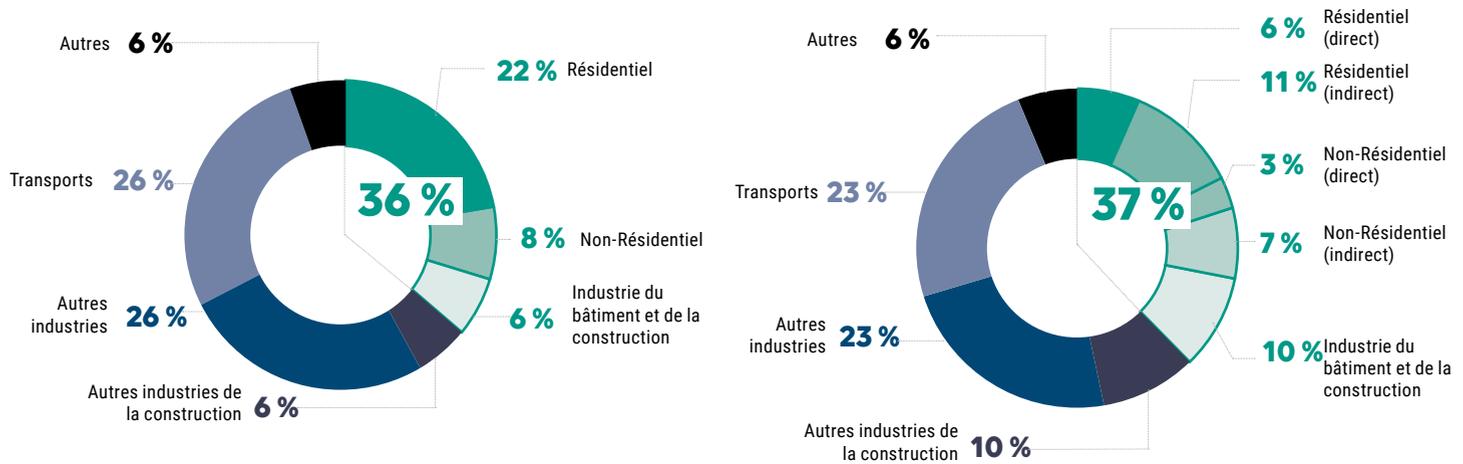
L'usage auquel est destiné un bâtiment est un facteur important qui influe sur sa consommation d'énergie et, par conséquent, sur les réglementations et les restrictions auxquelles il est soumis. En fonction de son usage ou de sa fonction un bâtiment est classé selon sa fonction résidentielle ou non-résidentielle<sup>c</sup>. En 2020, les bâtiments résidentiels représentaient 22 % de la consommation mondiale d'énergie et 17 % des émissions mondiales liées à l'énergie, tandis que le

b Voir Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). Climate Chance.

c En général, afin d'appliquer les codes, les bâtiments sont classés en fonction de leur utilisation et de leur occupation. Les bâtiments résidentiels sont ceux qui fournissent un logement aux individus, y compris les appartements et les maisons. Les bâtiments non résidentiels sont un terme générique couvrant tous les autres types de structures bâties. Sur la base de leur utilisation, pour analyser la consommation d'énergie des bâtiments, l'AIE, par exemple, classe les activités liées au « commerce, à la finance, à l'immobilier, à l'administration publique, à la santé, à la restauration et à l'hébergement, à l'éducation et à d'autres services commerciaux » comme non résidentielles. Les classifications des bâtiments non résidentiels basées sur l'utilisation variant d'une région ou d'un pays à l'autre, il est plus difficile de disposer de données sur ces bâtiments.

**FIGURE 2**

**PART DES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS ET NON RÉSIDENTIELS DANS LA CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS LIÉES À L'ÉNERGIE AU NIVEAU MONDIAL - Source : GlobalABC, basé sur les données de l'AIE (2021).**



secteur non résidentiel en représentant respectivement 8 % et 10 % (FIG. 2)<sup>15</sup>. La reprise des économies en 2021 a également entraîné un rebond visible de l'exploitation des bâtiments non résidentiels et des émissions associées<sup>16</sup>.

Si les bâtiments non résidentiels, en particulier les bâtiments commerciaux, représentent une part relativement plus faible de la consommation d'énergie et des émissions par rapport aux bâtiments résidentiels – une tendance renforcée par la pandémie de Covid-19 et les fermetures qui ont suivi – ils disposent d'une grande marge de manœuvre pour améliorer leur efficacité énergétique, intégrer les énergies renouvelables (ou même les générer) et, *in fine*, réduire les émissions du secteur du bâtiment.

aussi par l'action volontaire des acteurs privés afin de réduire leur demande d'énergie, améliorer leur efficacité, produire et s'approvisionner en énergie à partir de sources renouvelables, ou encore promouvoir l'utilisation de cette énergie pour des pratiques durables comme l'e-mobilité. Les actions les plus importantes dans les bâtiments commerciaux ont été observées en Europe et en Amérique du Nord, avec quelques initiatives émergentes dans les pays en développement.

### Cadres réglementaires pour la consommation d'énergie dans les bâtiments

La refonte de la directive sur la performance énergétique des bâtiments proposée par l'Union européenne<sup>17</sup> dans le cadre du paquet « Fit for 55 » prévoit de raccourcir le calendrier pour que les bâtiments non résidentiels, y compris les bâtiments publics et commerciaux, se mettent en conformité avec les normes minimales de performance énergétique après rénovation. Les États membres sont désormais tenus de veiller à ce que le diagnostic de performance énergétique des bâtiments non résidentiels atteigne au moins la « classe F » d'ici 2027, et la « classe E » d'ici 2030<sup>d</sup>. En outre, les grands bâtiments non résidentiels doivent disposer de *Smart Readiness Indicators*, une évaluation commune à l'UE de la capacité d'un bâtiment à s'adapter au comportement des occupants, permettant aux propriétaires et aux occupants de bénéficier de données sur l'automatisation et l'électrification des services techniques. La directive proposée encourage également l'installation d'infrastructures de recharge des véhicules électriques (VE) dans les parkings, ainsi que des espaces de stationnement pour les vélos afin d'inciter à la mobilité douce. La stratégie de l'UE en matière d'énergie solaire<sup>18</sup>, qui entre dans le plan REPowerEU visant à réduire la dépendance énergétique à la Russie, appelle aussi à un déploiement à grande échelle de l'énergie solaire photovoltaïque, les grands centres commerciaux et leurs parkings offrant un immense potentiel



## Les bâtiments commerciaux : une pierre angulaire de la décarbonisation du secteur du bâtiment

En comparaison des bâtiments résidentiels, les bâtiments commerciaux constituent souvent des zones bâties plus vastes en fonction de leur usage. Leurs activités typiques diffèrent également des activités résidentielles par leur échelle et leur durée dans la journée. Ils sont également soumis à des réglementations différentes de la part des gouvernements locaux et nationaux, et utilisent des appareils et des équipements soumis à des normes de performance spécifiques. Réduire l'impact climatique du secteur des bâtiments commerciaux peut passer par la réglementation des bâtiments commerciaux et de leur consommation d'énergie. Elle passe

<sup>d</sup> La directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments exige que les États membres disposent d'un système de certificats de performance énergétique (CPE), qui évalue la performance énergétique d'un bâtiment par rapport à un niveau d'exigence minimale, sur une échelle de A à G, A étant la meilleure performance et G la moins bonne.



pour les installations sur les toits. La Commission européenne a proposé de rendre obligatoire l'installation de systèmes photovoltaïques sur les toits des bâtiments publics et commerciaux à partir de 2027<sup>19</sup>.

La directive sur l'efficacité énergétique<sup>20</sup> reconnaît également le rôle d'un chauffage et d'un refroidissement efficaces sur le plan énergétique et prévoit l'identification et la mise à niveau des technologies de chauffage et de refroidissement utilisées dans les bâtiments non résidentiels, y compris celles qui génèrent de la chaleur ou du froid résiduels, ainsi que la rénovation énergétique des bâtiments non résidentiels. La stratégie de la « vague de rénovation » énonce des principes clés pour conduire la rénovation des bâtiments résidentiels et non résidentiels vers les objectifs de 2030 et 2050, notamment la priorité à l'efficacité énergétique, la décarbonation et l'intégration des énergies renouvelables, la réflexion sur le cycle de vie et la circularité<sup>21</sup>.

Certains États membres ont fixé des objectifs qui vont plus loin, comme les Pays-Bas, qui exigent que tous les immeubles de bureaux soient de « classe C » d'ici 2023 et de « classe A » avant 2030. En France, dans le cadre de sa stratégie de rénovation à long terme, un ensemble progressif de mesures a été adopté visant les bâtiments à faible performance énergétique (« passoires énergétiques »), en commençant par une augmentation du loyer de ces bâtiments en 2021, l'interdiction de les louer à partir de 2023 et l'obligation de les rénover à partir de 2028<sup>22</sup>. La loi Climat et Résilience, votée en 2021 à la suite de la Convention citoyenne, promeut également la « rénovation performante », à travers le code de la construction et de l'habitation. À la suite de la crise du Covid-19, le plan de relance du gouvernement a également prévu des financements importants pour le secteur du bâtiment, dont quatre milliards d'euros pour la rénovation des bâtiments publics et 200 millions d'euros pour la rénovation des bâtiments tertiaires des très petites et petites entreprises (TPE et PME).<sup>23</sup>

La loi allemande sur l'énergie dans le bâtiment de 2020 a fixé les normes relatives à la performance énergétique des bâtiments, aux certificats de performance énergétique et à l'utilisation des énergies renouvelables dans les bâtiments<sup>24</sup>. Si la consommation finale d'énergie<sup>e</sup> a diminué de 17 % entre 2008 et 2018, elle n'a pas atteint l'objectif fédéral de 20 %<sup>25</sup>. En 2022, avec l'invasion de l'Ukraine par la Russie, afin de réduire sa dépendance au gaz russe, l'Allemagne a annoncé plusieurs mesures liées à l'énergie – notamment la mise à jour de la loi sur l'énergie des bâtiments, l'application de la « norme d'efficacité énergétique 55 » pour tous les nouveaux bâtiments à partir de 2023, la promotion d'au moins 65 % d'énergies renouvelables dans les nouveaux systèmes de chauffage installés, la promotion de l'utilisation de pompes à chaleur<sup>26</sup>. Réagissant à la situation en Ukraine, l'Autriche a également annoncé des mesures liées au chauffage des

bâtiments, interdisant les chaudières à gaz dans tous les nouveaux bâtiments à partir de 2023<sup>27</sup>.

Aux États-Unis, alors que les codes de construction commerciale varient d'un État à l'autre, le service fédéral de l'énergie mène des recherches et collabore avec les entreprises pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire le coût d'exploitation des bâtiments, par exemple par le biais de l'initiative « Better Buildings » – qui dispose d'un référentiel de plus de 3 000 solutions provenant de divers partenaires, qui peuvent être reproduites, tout en aidant les entreprises à trouver des financements pour les mettre en œuvre<sup>28</sup>. Le programme Energy Star de l'Agence pour la protection de l'environnement (EPA) aide également les entreprises à améliorer leur efficacité énergétique : les bâtiments présentant une performance énergétique supérieure obtiennent la certification Energy Star<sup>f</sup>. La récente Loi sur la réduction de l'inflation votée en août 2022, surnommée « Climate Act », prévoit également des incitations fiscales pour les bâtiments écologiques, et contient des mesures visant à promouvoir l'électrification des bâtiments et l'utilisation d'électricité d'origine renouvelable – y compris pour les bâtiments commerciaux et publics<sup>29</sup>. Certains États américains ont été proactifs dans la promotion de l'électrification, que ce soit par le biais de codes de préparation aux VE couplés à des obligations en matière d'énergies renouvelables, ou dans le mouvement d'électrification du chauffage et d'abandon du gaz, ce qui a conduit à une lutte acharnée entre le gouvernement fédéral, les États et les villes<sup>g</sup>.

Une tendance à l'action municipale est aussi observée dans le secteur des bâtiments, de plus en plus de villes s'appuyant sur les codes de construction pour augmenter la part des énergies renouvelables sur leur territoire. Plus de 920 villes dans 73 pays ont fixé des objectifs en matière d'énergies renouvelables dans au moins un secteur – notamment l'électricité (793), le chauffage et le refroidissement (170). La dynamique de décarbonation du chauffage et du refroidissement s'intensifie également. La ville de Londres, par exemple, a fixé un objectif de 2,2 millions de pompes à chaleur en opération d'ici 2030. Les municipalités ont également essayé de stimuler l'action privée en donnant l'exemple, en agissant sur leur propre parc immobilier, notamment en produisant des énergies renouvelables sur place, soit sur les façades des bâtiments, soit sur les toits, soit à côté des bâtiments (la municipalité de George, en Afrique du Sud, a par exemple installé une centrale solaire de 300 kW pour couvrir la consommation d'électricité de son bâtiment principal)<sup>30</sup>.

### **Actions du secteur commercial en faveur de la réduction de la demande et de la production d'énergie renouvelable**

Il existe plusieurs initiatives qui regroupent divers acteurs privés, s'engageant à améliorer la durabilité de leur fonctionnement. Le *Retail Forum for Sustainability*<sup>31</sup>, par exemple, est une plateforme qui réunit les principaux détaillants en Europe sous l'impulsion de la Commission européenne, lancée en

e La « consommation finale d'énergie » des bâtiments non résidentiels est calculée en additionnant la consommation d'énergie du chauffage, du refroidissement, du chauffage de l'eau et de l'éclairage.

f La [certification Energy Star](#), décernée sur une base annuelle, indique qu'un bâtiment a obtenu de meilleurs résultats qu'au moins 75 % des bâtiments similaires dans tout le pays. Elle est basée sur un score de 1 à 100, calculé en fonction de la consommation d'énergie.

g Voir Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). *Climate Chance*.

2009. Dans le cadre du programme d'action environnementale des détaillants (*Retailers Environmental Action Programme* – REAP), l'initiative répertorie les actions entreprises dans trois catégories : « Ce que nous vendons », « Comment nous vendons », et « Communication ». La catégorie « Comment nous vendons » comprend les mesures qui affectent les emplacements physiques des détaillants et leurs opérations de construction, et énumère les mesures adoptées telles que la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de liquide de refroidissement, les émissions générées par les magasins, l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie, le déploiement d'un système de refroidissement durable, la réduction de la consommation d'énergie pour l'éclairage, l'augmentation de l'efficacité énergétique des magasins, l'augmentation de l'éco-labellisation des bâtiments et l'installation d'une capacité de production renouvelable indépendante. Sur les 201 actions répertoriées qui sont mises en place, plus de 45 relèvent de la catégorie « Comment nous vendons », et du domaine « Émissions et énergies (alternatives) »<sup>32</sup>.

#### ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

### EMPREINTE CARBONE DES DÉTAILLANTS : LES BÂTIMENTS, UN LEVIER FACILE D'ACCÈS

Bien que les commerces détaillants aient commencé relativement tard à fixer des objectifs de décarbonation de chaînes de valeur, le nombre de grands détaillants fixant de tels objectifs a été multiplié par plus de cinq entre 2019 et 2021. Les analyses des stratégies de décarbonation de leurs activités ont mis en lumière le potentiel de réduction des émissions des détaillants dans les Scopes 1, 2 et 3. Pour la plupart des détaillants, les Scopes 1 et 2 représentent environ 20 % de leur empreinte carbone totale, et sont sous leur contrôle direct, tandis que les émissions du Scope 3 représentent le reste, et dépendent de leur fournisseurs et consommateurs. Les émissions provenant de l'extraction et de la production des biens vendus, ainsi que de leur transport vers les centres de distribution et les magasins, sont les principales sources d'émissions de Scope 3 en amont, tandis que le transport utilisé par les consommateurs et l'utilisation des produits vendus sont les principales sources d'émissions de Scope 3 en aval.

Quant aux Scopes 1 et 2, ils comprennent les émissions directes des propriétés des détaillants, ainsi que l'électricité, la vapeur, le chauffage et la climatisation qu'ils achètent. Un détaillant traditionnel compte 18 % de ses émissions provenant de ses propriétés – ses magasins, ses entrepôts et ses bureaux. Pour un détaillant en ligne, ce chiffre s'élève à 15 %. Bien qu'il s'agisse d'une part relativement faible, elle a été qualifiée de « fruit mûr », car les détaillants peuvent agir directement pour réduire ces émissions – en améliorant l'efficacité énergétique de l'éclairage, du chauffage et de la climatisation, et en intégrant davantage d'énergies renouvelables dans leur consommation d'énergie.

Sources : [Bhargava, A. Hoffman, S., & Jakic, N. \(2022\) ; MIT Real Estate Innovation Lab, 2021.](#)

Les produits vendus et la manière dont ils sont vendus ont une incidence sur l'empreinte carbone des détaillants, car ils

influent sur les émissions en amont et en aval de leur chaîne de valeur. Pour les détaillants ayant une présence physique, les émissions de leurs magasins et entrepôts (c'est-à-dire leurs bâtiments) ont un impact important sur cette empreinte, ainsi que sur le transport (CF. ENCADRÉ 1).

De tels répertoires d'initiatives d'acteurs privés existent également au niveau national – en France, la fédération Perifem est un interlocuteur des pouvoirs publics avec tous les acteurs du commerce de détail œuvrant à la création d'un secteur commercial durable<sup>33</sup>. Face aux prévisions de pénurie d'énergie pour l'hiver 2022, la fédération a défini certaines mesures « communes et concrètes » à adopter d'ici le 15 octobre, telles que l'extinction des enseignes lumineuses dès la fermeture du magasin, la systématisation d'une réduction de l'intensité de l'éclairage en réduisant l'éclairage des surfaces de vente de 50 % avant l'arrivée du public, et de 30 % après, pendant les périodes de consommation critique. Parmi les autres mesures annoncées figurent également la réduction de la circulation de l'air la nuit, et le décalage de la production de glace<sup>34</sup>. Ces mesures ont été mises en place par de grands distributeurs comme E.Leclerc, Carrefour, Système U, Les Mousquetaires Intermarché, Auchan, Casino, Franprix, Monoprix, Lidl et Picard<sup>35</sup>. Spar Autriche adopte également une mesure similaire, en réduisant les heures de publicité en vitrine dans tous ses points de vente, dans le but de réduire la consommation annuelle d'énergie d'un million de kWh. Les détaillants comme le belge Colruyt ou le néerlandais Ahold n'ont pas prévu de mesures à court terme, mais sont relativement à l'abri des chocs énergétiques grâce à des mesures existantes telles que l'absence d'enseignes lumineuses, des congélateurs fermés, etc<sup>36</sup>.

En même temps, l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Espagne, la Suisse, le Danemark, la Suède, la Finlande, les Pays-Bas, l'Autriche et la Grèce ont tous adopté des mesures réduisant les besoins de chauffage et de refroidissement, notamment dans les espaces publics et les bureaux, en augmentant la plage de température dans laquelle aucun chauffage ou refroidissement n'est activé. En Espagne, si le chauffage doit être réglé à 19 °C tout au long de l'hiver, les chambres d'hôtel, les cuisines des restaurants, les salons de coiffure, les salles de sport, les écoles et les hôpitaux en sont exemptés. Alors que la Grèce s'apprête à mettre en place des incitations financières aux organisations qui surveillent et réduisent leur consommation d'énergie, les acteurs ont recours au contrôle de la température et à la réduction systématique de l'utilisation des lumières et des ordinateurs<sup>37</sup>.

Selon l'Administration américaine d'information sur l'énergie (*Energy Information Administration*), le pays compte environ cinq millions de bâtiments commerciaux, parmi lesquels les bâtiments de vente au détail sont ceux qui ont le coût énergétique le plus élevé. La base de données Energy Star recense 39 153 bâtiments commerciaux (à l'exclusion des installations industrielles et des centres de données) qui bénéficient de la certification Energy Star<sup>38</sup>. Le géant de la distribution Walmart a été le premier détaillant, en 2016, à se lancer dans un plan de réduction des émissions, fixant un objectif de -18 % d'émissions de son propre fonctionnement



d'ici 2025<sup>39</sup>. En 2020, la chaîne affichait une réduction de ses émissions de 17,5 % (Scope 1 et 2) par rapport à 2015, grâce à l'adoption de mesures de conception efficaces dans les nouveaux magasins en matière d'éclairage, de chauffage, de ventilation et de climatisation (*heating, ventilation and air conditioning* – HVAC, en anglais) ou encore de réfrigération, et grâce à la mise à niveau et à la modernisation des équipements dans les magasins existants<sup>40</sup>. Dans un autre exemple, l'administration Energy Star cite le détaillant de vêtements et d'articles ménagers JC Penney, qui a été le premier à obtenir le label Energy Star en 2007, et qui continue à améliorer son efficacité énergétique – en améliorant de 5,6 % son intensité énergétique en 2019, grâce à des gains d'efficacité des systèmes HVAC<sup>41</sup>.

Au niveau municipal, le NYC Carbon Challenge réunit le bureau de la justice environnementale et climatique du maire de New York et des parties prenantes représentant des universités, des organisations hospitalières, des propriétaires commerciaux, des bureaux commerciaux, des sociétés de gestion de propriétés résidentielles et des hôtels. L'initiative couvre environ 10 % de la surface bâtie de la ville et a permis de réduire les émissions de plus de 600 000 tCO<sub>2</sub> à ce jour, grâce à la mesure et à la réduction de la consommation d'énergie, en contrôlant les charges électriques, l'éclairage, la réfrigération et l'utilisation du système de chauffage, de ventilation et de climatisation, et en améliorant l'enveloppe des bâtiments<sup>42,43</sup>.

En ce qui concerne la procuration d'énergie renouvelable par les acteurs commerciaux, c'est en Europe et en Amérique du Nord que la tendance est la plus forte, les accords d'achat d'électricité (PPA – *Power Purchase Agreements*) et les certificats d'attributs énergétiques dégroupés étant les instruments les plus privilégiés<sup>44</sup>. En 2021, l'Europe a vu 11,2 GW contractés par le biais des PPA, mis en ligne à travers plus de 140 accords – le secteur du commerce de détail étant mené par Amazon, qui s'approvisionne en énergies renouvelables pour ses centres de données sur le continent<sup>45</sup>. En juillet 2022, aux États-Unis, l'EPA indique que l'utilisation d'énergie renouvelable par les principaux détaillants participant au *Green Power Partnership*<sup>h</sup> s'élève à 8 300 GWh<sup>i</sup>. Walmart, Target et Starbucks, qui comptent parmi les leaders du marché – dont la demande d'énergie est donc aussi plus élevée – arrivent en tête<sup>46</sup>.

La production sur site d'énergies renouvelables, bien que représentant une part plus faible que les autres instruments d'approvisionnement, est particulièrement pertinente pour les bâtiments commerciaux de grande surface. L'EPA dresse la liste des Green Power Partners qui utilisent la production sur site aux États-Unis, pour un total de 1 900 GWh, et qui comptent des détaillants comme Target, Ikea, Aldi et Kohl's parmi les 30 premiers<sup>47</sup>. Ikea a également contribué à la tendance à la production d'électricité sur site en Europe, une

grande partie de ses magasins et entrepôts produisant de l'électricité sur place. L'ensemble de ses activités (magasins, entrepôts, usines et bureaux) est 100 % renouvelable dans une vingtaine de pays européens, soit par l'approvisionnement ou la production sur place. Le groupe Ingka, le plus grand franchisé Ikea, a installé plus de 935 000 panneaux solaires sur les toits de ses magasins et entrepôts<sup>48</sup>. Decathlon s'est engagé à sourcer 100 % de son électricité à partir d'énergies renouvelables d'ici 2026 et a atteint un niveau de 82,6 % à la fin de 2021<sup>49</sup>. Une grande partie de cette production provient de PPA sur site en Espagne, au Portugal, en Italie et en France, où un tiers possède et exploite l'installation d'énergie renouvelable sur site<sup>50</sup>. En Belgique, par exemple, 27 % de l'électricité consommée par les magasins Decathlon a été produite sur place<sup>51</sup>.

En Afrique du Sud, le plus grand détaillant du pays, le groupe Shoprite, a déployé l'énergie solaire dans ses magasins, en utilisant également les PPA sur site comme instrument de choix, et dispose actuellement d'une capacité installée de 26,6 MW provenant des installations sur site<sup>52</sup>.

Outre le commerce de détail, d'autres bâtiments du secteur tertiaire présentent également un grand potentiel pour rendre le secteur moins énergivore, grâce à des mesures d'efficacité énergétique et de production d'énergie renouvelable. RE100, l'initiative mondiale des entreprises en matière d'énergies renouvelables, qui rassemble les entreprises œuvrant en faveur d'une énergie 100 % renouvelable, note que plus de 60 % de ses membres dans le monde produisent de l'électricité renouvelable pour leur propre consommation, l'énergie solaire sur site représentant la grande majorité de ces installations. Par exemple, en Inde, Mindspace REIT, qui possède et exploite l'un des plus grands portefeuilles immobiliers du pays, a installé des panneaux solaires sur les toits de deux de ses parcs d'affaires, exploitant ainsi la grande surface disponible<sup>53</sup>.

### **Des bâtiments commerciaux qui encouragent l'e-mobilité et d'autres usages bas carbone**

Parallèlement aux mesures prises pour réduire leur propre empreinte, les acteurs du secteur commercial se sont également employés à promouvoir des pratiques durables auprès de leur personnel et des consommateurs, en tirant parti des vastes zones bâties qu'ils gèrent. La plus notable de ces mesures est l'installation de bornes de recharge de VE dans les parkings des bâtiments commerciaux, les bornes de recharge de VE accessibles au public ayant augmenté de 40 % en 2021<sup>54</sup>. Un grand nombre d'établissements commerciaux proposant des stations de recharge de VE les alimentent souvent à l'aide d'énergies renouvelables, le plus souvent des panneaux solaires photovoltaïques<sup>55</sup>.

Par exemple, à la suite d'un engagement pris en 2018, Walmart et Electrify America ont installé plus de 120 bornes de recharge ultra-rapides dans l'ensemble des magasins Walmart

<sup>h</sup> Le *Green Power Partnership* est un programme volontaire de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA) qui encourage l'achat « d'énergie verte », définie comme un sous-ensemble d'énergies renouvelables offrant le plus haut niveau d'avantages environnementaux, notamment les énergies solaire, éolienne, géothermique, le biogaz, la biomasse et les petites centrales hydroélectriques à faible impact.

<sup>i</sup> C'est l'équivalent de la consommation annuelle d'électricité de 770 000 foyers américains moyens.



aux États-Unis en 2019, et la poursuite de la collaboration entre les deux entreprises devrait faire de Walmart l'un des plus grands hôtes de détail de bornes de recharge de VE<sup>56</sup>. Rejoignant des entreprises comme Walmart et Starbucks, le détaillant français Carrefour a également annoncé l'installation de plus de 700 stations de recharge et de 5 000 points de charge dans ses hypermarchés d'ici 2025<sup>57</sup>. En Europe, des pays comme l'Autriche, le Danemark, la Finlande, la France, l'Allemagne, l'Irlande, l'Italie, les Pays-Bas, l'Espagne, la Suède, la Pologne et le Royaume-Uni ont mis en place des mesures incitatives pour les entités commerciales qui installent des bornes de recharge pour les VE, sous la forme de divers abattements fiscaux ou de subventions<sup>58</sup>.

Si le déploiement des infrastructures de recharge des VE s'accélère dans le monde entier, il n'est pas toujours bien accueilli. Aux États-Unis, alors que des villes comme Los Angeles envisagent d'interdire la construction de nouvelles pompes à essence afin d'encourager la transition vers la mobilité électrique, les États eux-mêmes restent divisés. Petaluma, une ville californienne, a été la première à promulguer une telle interdiction, au motif initial d'empêcher les grands supermarchés et les centres commerciaux d'utiliser des méga-stations essence pour attirer les clients<sup>59</sup>.

Outre la production sur site et les installations de bornes de recharge de VE, une autre tendance faiblement émergente est l'utilisation des surfaces occupées par les grands bâtiments commerciaux et les espaces attenants pour le verdissement et la promotion de la biodiversité locale. Les exigences en matière de toits verts pour les bâtiments commerciaux et du secteur des services ont entraîné l'adoption de jardins sur les toits, souvent pour abriter des pollinisateurs ou pratiquer l'agriculture urbaine à petite échelle. La société américaine Clif Bar, spécialisée dans les barres énergétiques, dispose sur son site en Idaho d'une installation solaire de deux hectares, qui est également un habitat pour les pollinisateurs, peuplé de plantes à fleurs indigènes<sup>60</sup>. Dans un autre exemple, un magasin Ikea à Vienne a été conçu comme un parc pour permettre aux habitants du quartier d'y accéder, même sans entrer dans le magasin<sup>61</sup>. Des centres commerciaux en Malaisie et à Singapour ont vu l'introduction de fermes urbaines sur leurs toits, les produits étant utilisés pour la nourriture ou même la confection de cosmétiques<sup>62,63</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Alors que les bâtiments non résidentiels représentent une part importante de la consommation d'énergie et des émissions, il existe un grand potentiel d'action, qui commence à se concrétiser. Sous la menace d'une crise énergétique imminente en Europe, les détaillants ont recours à des mesures axées sur la demande pour réduire leur consommation d'énergie, en réduisant l'éclairage utilisé ou en contrôlant les températures maintenues artificiellement, tout en investissant dans des équipements plus efficaces sur le plan énergétique. Il en va de même aux États-Unis, où la tendance est toutefois à la poursuite des activités, tout en recourant à des mesures d'efficacité énergétique et en développant l'approvisionnement en énergies renouvelables et la production sur site. L'option la plus populaire pour la production d'énergie renouvelable sur site est l'énergie solaire sur les toits, en raison des importantes surfaces disponibles. Les fonctions des grandes surfaces commerciales s'étendent également aux services bas carbone, en donnant accès à des stations de recharge de VE. L'empreinte de ces sites sur l'artificialisation des sols demeure malgré tout importante et faiblement étudiée : l'attention portée à la biodiversité reste encore marginale.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 GlobalABC (2022). [2022 Global Status Report for Buildings and Construction](#). *Global Alliance for Buildings and Construction*
- 2 REN21 (2022). [Renewables 2022 Global Status Report](#). REN21
- 3 AIE (12/2021). [Tracking Buildings 2021](#). Agence internationale de l'énergie
- 4 REN21 (2022). *Renewables 2022*, op. cit.
- 5 Abergel, T., Delmastro, C. (13/12/2020). [Is cooling the future of heating?](#) Agence internationale de l'énergie
- 6 REN21 (2022). *Renewables 2022*, op. cit.
- 7 AIE (2021). [Heating](#). Agence internationale de l'énergie
- 8 AIE (2022). [Heating](#). Agence Internationale d'Énergie.
- 9 AIE (2022). *World Energy Investment 2022*. Agence Internationale de l'Énergie
- 10 AIE (2021). [Cooling](#). Agence internationale de l'énergie
- 11 AIE (2021). *Heating*, op.cit.
- 12 SEforAll (17/05/2022). [Chilling Prospects : Tracking Sustainable Cooling for All 2022](#). SEforAll.
- 13 REN21 (2022). *Renewables 2022*, op. cit.
- 14 Ibid.
- 15 GlobalABC (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction](#). *Global Alliance for Buildings and Construction*
- 16 GlobalABC (2022). *2022 Global Status Report* (...), op. cit.
- 17 Commission européenne (15/12/2021). [Proposal for a directive of the european parliament and of the council on the energy performance of buildings \(recast\)](#). eur-lex.europa.ec.
- 18 Commission européenne (18/05/2022). [Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions : EU Solar Energy Strategy](#). eur-lex.europa.ec
- 19 Santos, B. (18/05/2022). [EU wants rooftop PV mandate for public, commercial buildings by 2027, Résidentiel by 2029](#). PV Magazine.
- 20 [Directive 2012/27/EU of the european parliament and of the council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC](#).
- 21 Commission européenne (14/10/2020). [Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives](#). eur-lex.europa.ec
- 22 Commission européenne (2020). *Energy Efficiency Directive*, op. cit.
- 23 La rédaction (19/10/2021). [La rénovation énergétique pour répondre aux enjeux climatiques, économiques et sociaux](#). Vie publique.
- 24 BMI (n.d.). [The new Buildings Energy Act](#). Federal Ministry of the Interior and Community.
- 25 Umwelt Bundesamt (24/04/2020). [Indicator: Energy consumption for building](#). Umwelt Bundesamt.
- 26 BMWK (24/03/2022). [Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten : Ergebnis des Koalitionsausschusses vom 23. März 2022](#). Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action.
- 27 Kurmayer, N. J. (14/06/2022). [Austria to ban gas boilers in new buildings as of 2023](#). Euractiv.
- 28 Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (n.d.) [Better Buildings](#). Department of Energy.
- 29 Office of Policy (08/2022). [The Inflation Reduction Act Drives Significant Emissions Reductions and Positions America to Reach Our Climate Goals](#). Department of Energy.
- 30 REN21 (2022). *Renewables 2022*, op. cit.
- 31 Commission européenne (n.d.) [Retail Forum](#). Commission européenne
- 32 Commission européenne (n.d.) [REAP : All Commitments](#). Commission européenne
- 33 Perifem (n.d.). [Fédérons un commerce plus responsable !](#). Perifem.
- 34 Le Monde, AFP (18/07/2022). [Éclairages, température : les supermarchés s'accordent pour réduire leur consommation d'énergie](#). Le Monde
- 35 Challenges.fr (18/07/2022). [Les supermarchés s'accordent sur un plan de « sobriété énergétique »](#). Challenges
- 36 Naidu, R. (10/08/2022). [European retailers turn off lights, cut opening hours to save energy](#). Reuters
- 37 Bloomberg News (26/08/2022). [Goodbye Hot Showers and Street Lights. Here's How Europe Is Slashing Energy Use](#). Bloomberg
- 38 Energy Star (n.d.) [Registry of ENERGY STAR Certified Buildings and Plants](#). Energy Star
- 39 Walmart (2017). [2017 Global Responsibility Report](#). Wal-mart Stores, Inc.
- 40 Walmart (06/04/2022). [Climate Change](#). Wal-mart Stores, Inc.
- 41 Energy Star (n.d.) [J. C. Penney Company, Inc.](#) Energy Star
- 42 Mayor's Office of Environmental and Climate Justice (n.d.) [Retail Energy Efficiency Guide](#). City of New York
- 43 Mayor's Office of Environmental and Climate Justice (2022). [NYC Carbon Challenge](#). City of New York
- 44 IRENA (2018). [Corporate Sourcing of Renewables : Market and Industry Trends](#). International Renewable Energy Agency.
- 45 Pexapark (2022). [European PPA Market : 2021/22 Outlook](#). Pexapark.
- 46 EPA (2022). [Green Power Partnership Top 30 Retail](#). Environmental Protection Agency
- 47 EPA (2022). [Green Power Partnership Top 30 On-site Generation](#). Environmental Protection Agency
- 48 Ikea (2021). [Becoming climate positive : IKEA Climate Report 2021](#). Ikea.
- 49 Decathlon (n.d.). [Engagés pour 2026](#). Decathlon.
- 50 RE-Source (2020). [On-site renewable electricity and storage for corporates : business models and policy framework](#). RE-Source.
- 51 Yip, C. (2021). [Decathlon Belgique s'implique dans la production et de la consommation d'énergie au sein de la communauté locale](#). Decathlon Vision.
- 52 Kuhudzai, R. J. (25/08/2022). [The Shoprite Group, South Africa's Largest Retailer, Accelerates Solar Rollout At Its Sites](#). Clean Technica.
- 53 RE100 (24/08/2021). [Onsite renewable electricity : why it's a key part of a business' climate strategy?](#). RE100
- 54 AIE (05/2022). [Global EV Outlook 2022](#). Agence internationale de l'énergie
- 55 REN21 (2022). *Renewables 2022*, op. cit.
- 56 Walmart (06/06/2019). [Electrify America, Walmart Announce Completion of Over 120 Charging Stations at Walmart Stores Nationwide with Plans for Further Expansion](#). Walmart Stores, Inc.
- 57 Reuters (30/03/2022). [Carrefour plans EV charging stations at French hypermarkets, supermarkets](#). Reuters
- 58 Noyens, K. (22/04/2022). [EV charging infrastructure incentives in Europe 2022](#). EVBOX
- 59 Financial Times (24/07/2022). [US states divided over petrol stations as LA considers ban on new pumps](#). Financial Times
- 60 RE100 (2021). *Onsite renewable electricity*, op. cit.
- 61 McQuaid, S. (05/05/2021). [Green buildings for biodiversity – who are the industry leaders?](#) Connecting Nature
- 62 Temasek. (01/12/2022). [The Shopping Mall With An Edible Rooftop](#). Medium
- 63 Lim, J. (21/05/2022). [Malls take to indoor farming](#). The Star.



**TOUR DU MONDE DES INITIATIVES,  
DES CHANGEMENTS DE RÉGLEMENTATION  
ET DES TRANSFORMATIONS DE MARCHÉ  
QUI PRÉFIGURENT AUJOURD'HUI LES  
TENDANCES DE L'ACTION CLIMAT DE DEMAIN**

## Intelligence artificielle • Un nouvel outil pour calculer le potentiel photovoltaïque

[Spacemaker](#) est un logiciel collaboratif de modélisation de projets immobiliers d'entreprise. Il prend en compte de nombreux paramètres – techniques, contextuels, géographiques – afin d'optimiser la configuration des bâtiments au profit du bien-être. En 2022, il conçoit un nouveau paramètre calcule le potentiel de production énergétique des panneaux photovoltaïques. Cet outil facilite et incite donc l'intégration des enjeux environnementaux dès l'étape de la conception des bâtiments jusqu'à leur rénovation. Selon ses calculs, la couverture de 60 % des toits du Parlement européen, d'une efficacité supposée de 15 %, permettrait d'alimenter environ 160 appartements de 50 m<sup>2</sup>. La production européenne d'énergies renouvelables représente un enjeu [stratégique](#) en Europe.

[Batirama, 06/09/2022](#)

## Refroidissement • Déploiement de la réfrigération solaire en Afrique

[Koolboks](#), une start-up basée à Paris, a levé 2,5 millions de dollars de fonds d'amorçage pour déployer des réfrigérateurs à énergie solaire dans 18 pays africains, où le manque d'accès à l'électricité ou les fréquentes coupures de courant mettent en danger la santé et la sécurité alimentaire. Le produit, initialement conçu pour les campeurs en Europe, utilise l'énergie solaire pour assurer la réfrigération, la congélation ou même la lumière, jusqu'à quatre jours en l'absence d'électricité. L'entreprise propose un modèle de paiement à la consommation permettant aux particuliers et aux petites entreprises de payer entre 10 et 20 dollars par mois.

[TechCrunch, 18/08/2022](#)

## Immobilier • Le mouvement « Tiny House » s'étend dans les grands pays émergents

Né au début des années 2000 comme un mouvement visant à adopter des maisons plus petites pour vivre plus simplement, le [mouvement Tiny House](#), comme on l'appelle aujourd'hui, a pris de l'ampleur pendant la crise financière de 2008-2009 et n'a cessé de croître en popularité, donnant même lieu à la création de séries de télé-réalité comme [Tiny House Nation](#). Les Tiny Houses – des micromaisons autosuffisantes ne dépassant généralement pas une superficie d'environ [37 m<sup>2</sup>](#) (400 pieds carrés), indépendantes des réseaux locaux d'énergie et d'assainissement – sont désormais devenues des symboles de l'habitat éco-responsable et solidaire, le coût médian de leur construction étant de [52 000 euros](#) en France. Si l'on trouve le plus grand nombre de Tiny Houses en [Amérique du Nord](#), en Europe, ou encore en [Australie](#) et en [Nouvelle-Zélande](#), le mouvement s'enracine désormais dans les grands émergents comme en [Afrique du Sud](#), en [Inde](#) ou encore au [Brésil](#).

## Architecture • Diébédo Francis Kéré, premier lauréat africain du « prix Nobel » de l'Architecture

Les 100 000 \$ du [Prix Pritzker](#) ont été attribués au burkinabé [Diébédo Francis Kéré](#) pour ses travaux alliant innovation et sobriété. Kéré combine les savoirs ancestraux et modernes dans la perspective de construire des bâtiments adaptés au climat local et résilients pour limiter au maximum le gaspillage des matériaux. Son premier projet au Burkina Faso, [l'école de Gando](#), reposait sur l'idée d'utiliser l'énergie provenant de la ressource locale principale, à savoir le soleil, tout en s'assurant de la fraîcheur des bâtiments. L'école a principalement été construite en brique : certains experts ont en effet souligné l'inadaptation du béton et du parpaing au climat tropical, étant donné qu'ils transportent rapidement la chaleur. Des aérations ont également été pensées de sorte à ne pas avoir de système de climatisation. Ses travaux ont été dupliqués en Europe et aux États-Unis.

[Afrik21, 18/03/2022](#)

## Matériaux biosourcés • Le typha, une alternative écologique pour l'isolation thermique

En Afrique, [75 %](#) de la consommation d'énergie et des émissions GES sont liées au bâtiment. Pour remédier aux techniques et matériaux de construction courants, polluants et non adaptés au contexte local, certains architectes africains comme Francis Kéré se tournent vers des matériaux et techniques traditionnels africains moins polluants tels que le typha. Au Sénégal, le projet [TyCCAO](#) (Typha Combustible Construction Afrique de l'Ouest) travaille à valoriser les différentes techniques de construction utilisant le typha comme matériau clé. Le typha est une [plante invasive](#) dont la prolifération dans les cours d'eau menace la sécurité des approvisionnements en eau, le maintien de la biodiversité du delta du fleuve Sénégal et la pratique d'activités économiques. Son utilisation dans le revêtement de toiture en chaume est une solution écologique à moindre coût. Contrairement aux toitures en tôle (à changer tous les 5 ans), les toitures en typha tiennent [au moins 40 ans](#) et offrent une isolation thermique adaptée. Broyé, le typha est aussi utilisé comme isolant du fait de ses caractéristiques thermiques. Enfin, il entre dans la fabrication des bétons végétaux : blocs, enduits, bétons préfabriqués et solutions élaborées à base de latérite. Ce procédé traditionnel réduit les coûts en matériaux et optimise les performances thermiques des bâtiments.

[Tyccao, 2021.](#)

## Habitat • L'habitat participatif déconstruit l'utilisation unique des logements en France

Bien que « [l'habitat participatif](#) » existe de longue date, de plus en plus de projets sont déposés en France avec une croissance annuelle moyenne de [18 %](#) entre 2019 et 2021. A l'origine de ce mouvement : la [loi Alur](#) de 2014 qui en façonne les conditions juridiques, mais aussi les confinements qui ont fait ressortir les besoins de sociabilité et de projets collectifs, et l'inadéquation du [modèle pavillonnaire](#) indépendant avec les enjeux climatiques. En plus des économies d'énergie conséquentes permises par le partage des appareils électroménagers et de la consommation énergétique, les participants s'engagent surtout pour [repenser](#) leur manière « d'habiter ». Comme les familles qui habitent désormais un ancien couvent à [Auch](#), après l'avoir rénové. Les villes optimisent également l'utilisation de l'espace en ouvrant les [bâtiments publics](#) lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

## Ciment • Des citoyens indonésiens poursuivent Holcim sur sa responsabilité climatique

Avec [7 GtCO<sub>2</sub>](#) émis depuis 1950, les entreprises Holcim et Lafarge, [fusionnées](#) depuis 2015, sont responsables de 0,42 % des émissions historiques mondiales. L'industrie du ciment génère en effet entre [4 et 8 %](#) des émissions de GES annuelles et l'entreprise serait la [47e](#) émettrice du monde en 2021. L'entreprise sera jugée lors d'un premier procès dans quelques semaines, à l'issue de la plainte de quatre habitants de la petite île de Pari en Indonésie. C'est un des territoires [les plus touchés](#) par la montée des eaux, qui menace son existence pour les prochaines décennies, bien qu'ayant une responsabilité quasi nulle des émissions de GES. Les plaignants, soutenus par l'ONG Entraide Protestante Suisse, réclament environ 3 500 € chacun – soit l'équivalent de 0,42 % des coûts à prévoir pour réaménager les lieux endommagés et pour l'adaptation de l'île à l'élévation du niveau de la mer – et de nouveaux objectifs de réduction calibrés à plus court terme. Il s'agirait d'une décision juridique pionnière dans l'établissement d'un [lien de causalité](#) entre les activités des entreprises et les impacts du changement climatique.

[The Guardian, 20/07/2022](#)

## Adaptation • Aux Pays Bas, les maisons flottantes dans une mer montante

Aux Pays-Bas, face à une population dense et la rareté des terres disponibles, les communautés ont recours aux maisons flottantes – des maisons construites sur des piliers de fondation en acier qui glissent vers le haut et vers le bas au gré de la montée et de la descente des eaux. Les autorités du pays travaillent à rendre les lois de zonage plus favorables à ces habitations, tandis que le conseil municipal d'Amsterdam cherche aussi à [développer](#) les établissements flottants. Rotterdam abrite déjà le [plus grand bureau flottant](#) du monde et [une ferme laitière flottante](#), des projets au cœur de sa [stratégie officielle](#) d'adaptation. Des entreprises néerlandaises travaillent à la mise en œuvre de tels projets dans d'autres régions, comme une [série d'îles flottantes](#) dans la mer Baltique pouvant accueillir jusqu'à 50 000 personnes, ou encore le développement de [logements](#) à Malé, aux Maldives, avec des coques en corail artificiel pour favoriser la vie marine, et la climatisation à partir d'eau pompée des profondeurs.

[YaleEnvironment360, 07/12/2021](#)

# CAS D'ÉTUDE

## FRANCE

Angers :  
EnergieSprong, un  
projet industrialisé  
de rénovation zéro  
énergie levier pour la  
massification

## AUTRICHE

Vienne : abandonner  
progressivement le  
chauffage fossile  
pour décarboner les  
bâtiments

## INDONÉSIE

Miser sur des toits  
réfléchissants pour  
s'émanciper de la  
climatisation



EN PARTENARIAT AVEC



CAS D'ÉTUDE VILLE

PAYS	POPULATION	ÉMISSIONS EN 2019	OBJECTIF D'ATTÉNUATION	CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE FINALE
AUTRICHE	1 935 000	7,5 MTCO <sub>2</sub> e	NET ZERO EN 2040 (-55 % EN 2030)	37 005 GWH/AN

## Vienne • Abandonner progressivement le chauffage fossile pour décarboner les bâtiments

Plus grande ville d'Autriche et cinquième ville de l'Union européenne, Vienne vise la neutralité climatique en 2040 en s'appuyant sur la plus faible consommation d'énergie par habitant du pays, et malgré l'augmentation de la population. Un *Green New Deal* (pacte vert local) local est en cours d'élaboration et envisage l'intégration des systèmes pour une décarbonation globale de Vienne, notamment en réorientant 2 à 3 % de son PIB vers cet objectif. L'élimination progressive du gaz fossile dans les bâtiments et le chauffage urbain est une des pierres angulaires de la stratégie de la ville. Le développement de la géothermie et des pompes à chaleur doit réduire la dépendance au gaz russe de 80 à 0 %, et la production d'énergie locale bas carbone sécuriser l'approvisionnement.

### Les gaz « verts », pas la voie de décarbonation des bâtiments

Les bâtiments génèrent près d'un tiers des émissions de GES de Vienne, dont 90 % provient du gaz utilisé pour le chauffage. La consommation totale de chaleur de la ville est d'environ 18 243 GWh/an. Actuellement, 600 000 ménages utilisent le gaz fossile pour le chauffage et la cuisine, et subissent de plein fouet la flambée des prix du gaz. Cependant, la ville exclut le recours aux gaz « verts » (hydrogène vert, biogaz, gaz de synthèse) pour remplacer le gaz fossile pour le chauffage des maisons. Deux raisons principales sous-tendent cette stratégie. D'abord, une quantité limitée des stocks de gaz verts disponibles. Ensuite, une préférence pour l'emploi de ces sources d'énergie à haute valeur ajoutée dans des secteurs où elles sont la seule option, comme l'industrie qui nécessite des températures élevées, ou pour le transport lourd et/ou l'équilibrage du système énergétique.

### De la volonté politique à la planification intégrée

Depuis 2020, la ville et Urban Innovation Vienna, son agence de l'énergie, dirigent

le projet [Decarb City Pipes 2050](#), financé par l'UE. Dans ce cadre, les villes de Bilbao, Dublin, Munich, Rotterdam, Vienne et Winterthur conçoivent des stratégies thermiques qui comprennent des plans de chauffage et de refroidissement ventilés dans l'espace par quartier et des feuilles de route de mise en œuvre. Un processus stimulé par l'objectif de neutralité climatique en 2040 fixé fin 2020. La ville a associé toutes les parties prenantes – services municipaux, la compagnie d'électricité Wien Energie et le gestionnaire de réseau Wiener Netze – afin de traiter les questions techniques, juridiques et financières de la stratégie.

### Sécuriser l'approvisionnement grâce à la chaleur locale et bas carbone

La stratégie de Vienne repose sur la rénovation des bâtiments, le développement et la décarbonation du chauffage urbain et le déploiement de pompes à chaleur individuelles. Malgré la croissance démographique, le taux de rénovation doit conduire à une diminution de la demande de chaleur de 18 % entre 2019 et 2040, avec une élimination totale du gaz d'ici 2040. Deuxièmement, le chauffage urbain est un élément de l'approvisionnement futur en chaleur de Vienne. Actuellement, il alimente en chaleur plus d'un tiers des

ménages viennois (430 000 appartements et 7 700 professionnels). Le chauffage urbain sera l'option privilégiée dans les zones densément construites de la ville – en particulier dans le centre-ville – de préférence avec un taux de raccordement proche de 100 %.

La ville a lancé le programme « *Heating and Cooling Vienna 2040* », réunissant des groupes de travail pour faciliter la transition thermique. Deux leviers principaux ont été identifiés. D'une part, la création d'un cadre pour l'élimination progressive du chauffage fossile, via la déconnexion du réseau de gaz des bâtiments situés à proximité des canalisations de chauffage urbain existantes et la densification du réseau de chauffage urbain. Dans les zones moins denses, les pompes à chaleur individuelles, notamment géothermiques enterrées, sont plus rentables. D'autre part, la réduction de la consommation d'énergie et la promotion des énergies renouvelables, y compris la « réhabilitation thermique » des logements pour réduire la consommation de chaleur.



VILLE	POPULATION	ÉMISSIONS NATIONALES EN 2021	OBJECTIF D'ATTÉNUATION
TANGERANG	276,4 MILLIONS	597,38 MTCO <sub>2</sub> E	-29 % ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> EN 2030 (BASE : BAU)

## Indonésie • Miser sur des toits réfléchissants pour s'émanciper de la climatisation

En mars 2022, une équipe indonésienne a remporté le prix du [Million Cool Roofs Challenge](#), initiative lancée par Clean Cooling Collaborative (anciennement K-CEP), SEforAll, l'Alliance mondiale des villes fraîches et la fondation Nesta pour ses toits blancs et réfléchissants. Le projet [Cool Roofs Indonesia](#) a permis d'installer des toits blancs dans 15 villes indonésiennes sur 70 bâtiments. Les différentes initiatives du programme ont conclu que la mise en place de revêtements réfléchissants sur les toits permettait de réduire la température au sol d'au moins **2 à 3 °C** et jusqu'à 10 °C sur certains des projets pilotes en Indonésie. L'accès à des systèmes de refroidissements est un enjeu de développement, d'atténuation et d'adaptation, tant pour les populations urbaines que rurales.

### L'accès au refroidissement : un enjeu de développement

Dix projets du programme ont reçu 125 000 \$ de subventions, entre août 2019 et août 2021, pour récolter des résultats à partir de différentes approches de toitures fraîches et à réflexion solaire. Les projets pilotes étaient localisés dans les pays touchés par le [stress thermique](#) – situation où le corps ne peut plus réguler sa température, augmentant le rythme cardiaque – et un faible accès au refroidissement. En moyenne, [entre 1,8 et 4,1 milliards](#) de personnes sont exposées au risque de stress thermique, en particulier localisées en Inde, en Asie du Sud-Est et en Afrique subsaharienne.

Les initiatives du Cool Roofs Challenge ont mis en place les solutions de revêtements réfléchissants en tant que solutions de développement au nom des multiples [co-bénéfices](#) qu'elles apportent. Le refroidissement est stratégique pour le secteur de l'alimentation (distribution et stockage), les soins et la qualité de vie en général. Le projet a donc aussi consisté dans la sensibilisation aux solutions de refroidissement naturelles et « propres », la création d'une centaine d'emplois pour des personnes peu qualifiées et la promotion de cette solution dans les zones rurales. La sensibilisation reposait en particulier sur les économies d'énergie que permettent les toits réfléchissants, soulignant les avantages

financiers pour des ménages à revenus modestes et en situation précaire.

Les pays en développement connaissent la plus [forte croissance](#) d'urbanisation. Or, les villes concentrent la chaleur dégagée par les bâtiments. Les toits réfléchissants ont démontré un [effet net](#) sur la réduction de la température locale quand ils étaient installés au niveau d'un quartier ou d'une communauté.

### L'économie d'énergie : aussi une mesure d'adaptation

En Asie du Sud-Est, seuls **15 %** des foyers ont un système de climatisation et la plupart des nouveaux climatiseurs achetés sont deux à trois fois moins efficaces que les meilleurs modèles sur le marché. L'Indonésie seule comptera pour la [moitié](#) de la croissance de la demande de climatiseurs de 2020 à 2040 parmi les pays de l'Asie du Sud-Est. Parmi eux, l'Indonésie et le Cambodge ont mis au point des Plans Nationaux d'Action pour le Refroidissement ([National Cooling Action Plans](#)) qui s'achèvent en 2022. Ces plans avaient pour objectif d'identifier des actions permettant de réduire les émissions générées par la consommation énergétique des systèmes de refroidissements et d'étendre l'accès au refroidissement.

L'équipe du projet, de l'Université Pendidikan d'Indonésie (UPI), a développé, avec l'aide d'un producteur et de la municipalité de Tangerang, des revêtements conformes à la norme [CRR](#) en Indonésie. L'objectif était de proposer des revêtements pour une fraction du prix des autres options existantes. Les bâtiments pilotes étaient résidentiels, du gouvernement, du secteur privé ainsi que des écoles et des bâtiments religieux. Cette hétérogénéité renforçait la richesse des résultats. Environ [10 250](#) personnes bénéficient de ces revêtements.

Le projet indonésien a été une des initiatives qui a eu les meilleurs résultats de réduction du programme : l'intérieur d'un site industriel est passé de **40 °C à 29,7 °C** et une école a diminué de 3 °C. La réflexion du soleil la journée réduit les écarts de température du bâtiment entre le jour et la nuit et entre la saison sèche et des pluies, stratégiques pour les climats tropicaux. Les villes côtières ont aussi plus de probabilité d'avoir des températures intérieures qui dépassent 30 °C la journée. Améliorer le confort thermique permet donc de s'adapter à l'augmentation des dérèglements climatiques.



EN PARTENARIAT AVEC



CAS D'ÉTUDE VILLE

PAYS	POPULATION	ÉMISSIONS EN 2014	OBJECTIF D'ATTÉNUATION
FRANCE	242 000 HABITANTS	1,91 MTCO <sub>2</sub> E	-75 % EN 2050 (BASE 1990)

# Angers • EnergieSprong, un projet industrialisé de rénovation zéro énergie levier pour la massification

Pour contribuer à la neutralité carbone en 2050, les acteurs français du bâtiment vont devoir transformer la majorité du parc de logements pour atteindre un diagnostic de performance énergétique (DPE) moyen de niveau « B ». Afin de compenser les logements qui ne pourront l'atteindre et rehausser l'ambition générale, les rénovations ultra-performantes permettent d'atteindre des niveaux de consommation d'énergie proche de zéro (DPE « A ») partout où cela est possible. La démarche EnergieSprong, initiée aux Pays-Bas en 2012, accompagne le développement de projets permettant de massifier les rénovations visant un objectif de performance « E=0 » – un logement qui produit autant d'énergie qu'il en consomme post-rénovation – avec l'utilisation de solutions préfabriquées permettant un temps d'intervention très rapide.

## La collaboration d'un grand nombre d'acteurs du territoire

La région Pays de la Loire a développé ces dernières années un écosystème engagé dans une dynamique de rénovations ultra-performantes. Parmi eux, le bailleur social Podéliha a lancé la rénovations de 32 maisons à Angers, pour démontrer les possibilités offertes par la démarche EnergieSprong. Une équipe regroupant architectes, bureaux d'étude, associations locales et entreprises du bâtiment et travaux publics s'est formée spécialement pour le projet. Leur collaboration porte un [projet](#) d'une ambition nouvelle, tout en visant l'intégration au groupement de nouvelles entreprises et associations locales pour accroître leur domaine d'expertise, leur ancrage territorial et favoriser le développement de l'économie locale. L'appui des collectivités et des pôles de compétences locales (Novabuild, Atlansun et Fibois Atlantique), en plus du soutien d'EnergieSprong France, ont été un des facteurs clés de la réussite de ce projet.

## Des exigences élevées pour viser l'excellence énergétique

Podéliha s'est doté d'un cahier des charges rigoureux, fondé sur des objectifs de résultats. Il se découpe en 4 axes : l'atteinte

d'un niveau « énergie zéro » des logements, garanti sur 30 ans post-rénovation, grâce à un haut niveau d'efficacité énergétique et à la production locale d'énergies renouvelables ; le financement du surcoût par les économies d'énergie, les investissements futurs évités et la vente d'énergie renouvelable sur 30 ans grâce à une garantie de performance long terme ; la réalisation des travaux en site occupé et en un temps court, limitant les nuisances pour les occupants grâce au recours à la préfabrication hors-site ; l'attention spécifique portée au confort, à l'esthétique et la qualité architecturale.

## Des résultats au-delà de la performance énergétique

La collaboration multiacteurs, la consultation des habitants et la liberté des moyens déployés par les entreprises, ont donné lieu à des actions positives pour l'énergie, mais aussi pour l'environnement. Les façades préfabriquées intègrent des éléments biosourcés, notamment le bois et l'ouate de cellulose. Ces matériaux, adaptables et industrialisables, assurent aussi une diversité architecturale, avec des propriétés durables et résilientes. En intégrant les résidents tout au long du projet, cette rénovation ouvre de nouvelles pratiques : la mise en place par une association d'ateliers collectifs, l'implication des occupants dans la prise de décisions et leur accom-

pagnement individuels sur le pilotage de leurs consommations maximisent les bienfaits de l'opération.

## EnergieSprong, une démarche d'avenir dans les Pays de la Loire

Ces réussites techniques, sociales et environnementales d'un projet de 32 maisons individuelles rénovées ont suscité l'engouement de l'ensemble des acteurs du territoire. Responsables politiques, collectivités territoriales, entreprises locales et bailleurs sociaux ont observé attentivement ce test à taille réelle afin d'en tirer les enseignements nécessaires à un passage à l'échelle rapide. Ainsi, sept bailleurs sociaux réunis dans une centrale de Mutualisation des Achats au Service de l'Habitat (MASH) de la région se sont associés afin de déployer la démarche EnergieSprong [à plus grande échelle](#), et ont engagés plus de 1 500 logements sur le chemin de la rénovation à énergie zéro. Ce signal fort, envoyé aux acteurs locaux mais également aux autres territoires nationaux et européens, représente une avancée vers le respect des engagements climatiques du secteur du bâtiment.



“ PARTOUT,  
L'ENFOUISSEMENT  
ET LA MISE EN  
DÉCHARGE DOMINENT  
LE TRAITEMENT DES  
DÉCHETS. LE TAUX  
DE CIRCULARITÉ  
DE L'ÉCONOMIE  
MONDIALE STAGNE,  
MAIS DES PROGRÈS  
LOCAUX MONTRENT  
D'AUTRES VOIES.”



En 2018, la Banque mondiale estimait que la gestion des plus de 2 milliards de tonnes de déchets produits dans le monde générait 1,6 GtCO<sub>2</sub>e. De ces déchets, très peu sont recyclés et compostés : à peine 19 % à l'échelle de la planète, et jusqu'à 48 % en Europe. Un taux réévalué à la baisse à 29 % pour l'année 2018 avec la nouvelle méthode de calcul du recyclage adoptée par l'Union européenne, pour tenir compte d'un rapport de la Commission en 2018. Partout, l'enfouissement et la mise en décharge dominent le traitement des déchets. Le taux de circularité de l'économie mondiale stagne, mais des progrès locaux montrent d'autres voies [INDICATEURS].

Les réglementations européennes entrées en vigueur en 2021 visent à réduire davantage les exportations de déchets plastiques vers les pays extérieurs à l'OCDE, qui ont déjà baissé de 50 % par rapport à 2016. La « crise du plastique » a commencé avec la politique chinoise d'interdiction d'importation des déchets plastiques (*National Sword Policy*) en 2018 et la catégorisation des déchets plastiques parmi les déchets dangereux dans la Convention de Bâle, obligent les pays exportateurs à trouver de nouveaux exutoires, n'ayant pas les capacités de les traiter. D'abord, en redirigeant leurs exportations vers les pays d'Asie du Sud-Est, avant qu'ils ne les interdisent à leur tour, puis vers l'Amérique latine pour les États-Unis ou l'Europe de l'Est pour l'UE. De façon plus informelle, les trafics illégaux de déchets ne tarissent pas, en se tournant vers des débouchés de plus en plus précaires [TENDANCES].

Les pratiques de recyclage, comme montré dans le rapport de Greenpeace USA en 2022 pour le plastique, présentent d'importantes limites, tant en raison de leurs conséquences sociales et humaines que des difficultés inhérentes au recyclage. En complément ou en remplacement, des acteurs

locaux développent donc des initiatives zéro déchet et de réutilisation. C'est le cas de la ville de Kamikatsu au Japon qui a atteint 80 % de recyclage ou de réutilisation de ses déchets, en organisant la vie de la municipalité autour de cet objectif [CAS D'ÉTUDE]. Grâce à une coopération entre une multitude d'acteurs, la stratégie de la ville de Sao Paulo pour le traitement des déchets organiques qui s'était d'abord concentrée sur les décharges, a pu évoluer vers des parcs de compostage décentralisés, réduisant en parallèle les émissions de GES de 87 % par rapport aux décharges [CAS D'ÉTUDE]. La fondation FeedBackEU, dans un rapport publié en septembre 2022, a souligné l'importance de repenser la production qui génère les déchets organiques avant leur traitement – l'Union européenne gaspillait plus de nourriture qu'elle en importait. Le même constat apparaît dans le secteur du textile où progressent des initiatives de réutilisation et de plateformes de seconde main [TENDANCES], pour pallier à la limite de l'accumulation des méthodes de traitement des déchets qui ne freinent pas leur production.

La crise énergétique aggravée par le conflit en Ukraine entamé en février 2022 a aussi rappelé la quantité limitée des ressources stratégiques, que ce soit pour les combustibles mais aussi pour les ressources de transition amenée à les remplacer (métaux rares et minéraux). Le projet EuGeLi développé par Eramet en Alsace en 2021 [CAS D'ÉTUDE] s'inscrit par exemple dans ce mouvement de relocalisation et d'intégration verticale des chaînes de valeur de ces productions stratégiques tout en visant l'économie des ressources utilisées. Les entreprises ont en effet des marges de manœuvre rapides pour instaurer des stratégies de circularité au sein de leur scope d'activité, d'où l'augmentation de l'instauration des responsabilités élargies des producteurs (REP) dans divers secteurs [SIGNAUX].

INDICATEURS	131
TENDANCES	133
SIGNAUX	149
CAS D'ÉTUDE	151



## LA RÉORGANISATION DES FLUX DES DÉCHETS ET DES RESSOURCES PEINE À PRENDRE UNE TRAJECTOIRE CIRCULAIRE

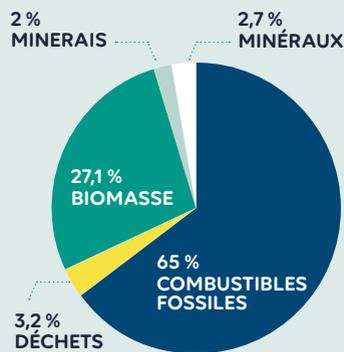
La production de déchets ne tarie pas, tout comme ses émissions



### ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DU SECTEUR DES DÉCHETS

2,01 milliards de tonnes de déchets solides municipaux ont été produits dans le monde en 2016, générateurs de 1,6 GtCO<sub>2</sub>e, principalement en raison du méthane issu de leur décomposition.

[World Bank, 2018](#)



### RÉPARTITION DES ÉMISSIONS INTÉGRÉES PAR TYPE DE RESSOURCE

Les émissions intégrées (totalité des émissions résultant du cycle de vie) des ressources représentent 59,1 GtCO<sub>2</sub> au total, dont 1,9 GtCO<sub>2</sub> sont liées aux déchets.

[Circularity Gap Report, 2022](#)



### AUGMENTATION DE L'EXTRACTION DE MATÉRIAUX VIERGES

Entre 2015 et 2021, 70 % de plus de matériaux vierges ont été extraits par rapport à ce que la terre peut naturellement reproduire.

[Circularity Gap Report, 2022](#)



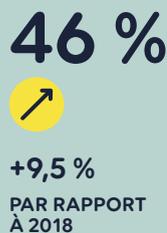
## L'Europe présente des progrès timides en matière de recyclage



### STAGNATION DE LA QUANTITÉ DE DÉCHETS RÉSIDUELS MUNICIPAUX EN EUROPE (2015-2020)

Les déchets résiduels sont les déchets non recyclés ou non réutilisés. Malgré l'augmentation du recyclage en Europe (de 45 % à 48 % de 2015 à 2020), la production a aussi augmenté, empêchant la baisse des déchets résiduels.

[European Environment Agency, 2022](#)



### MOYENNE DU TAUX DE RECYCLAGE DES EMBALLAGES PLASTIQUES EN EUROPE EN 2020

Selon la nouvelle méthode de calcul européenne (directive 2018/852) adoptée en 2018, le taux de recyclage passe à 32 %.

[Plastics Europe, 2022](#)



### ÉVOLUTION DU TRAITEMENT DES DÉCHETS PLASTIQUES APRÈS CONSOMMATION EN EUROPE ENTRE 2018 ET 2020

La masse totale de déchets plastiques à traiter en Europe est passée de 24,5 Mt (2006), à 29 Mt (2018) et à 29,5 Mt (2020). Malgré sa stagnation de 2018 à 2020, le traitement des plastiques par récupération énergétique a augmenté de 4,2 % entre 2006 et 2020.

[Plastics Europe, 2022](#)

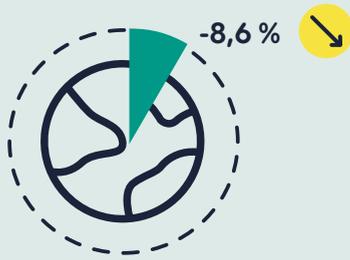


Les secteurs et industries au sein desquels la part des plastiques recyclés, incorporés dans les nouveaux produits, a le plus augmenté sont les emballages (+43 %), le secteur des bâtiments et de la construction (+15 %) et celui de l'agriculture (+3 %).

[Plastics Europe, 2022](#)



## La circularité débordée par l'économie linéaire



### INDICATEUR DE « CIRCULARITÉ » DU MONDE

Sur les 100 milliards de tonnes de matières entrées dans l'économie en 2020, 8,6 étaient issues de processus circulaires. Deux ans plus tôt, ce chiffre était de 9,1 %.

[Circle Economy, 2021](#)



### COMMERCE MONDIAL DE DÉCHETS EN 2019

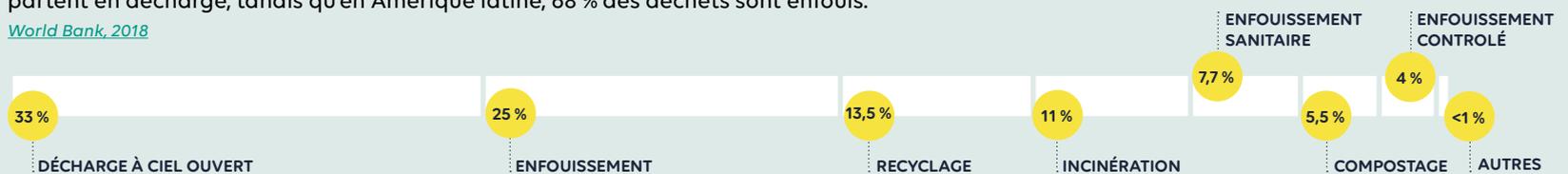
Le commerce de déchets génère 315 milliards de dollars au niveau mondial.

[UNCTAD, 2021](#)

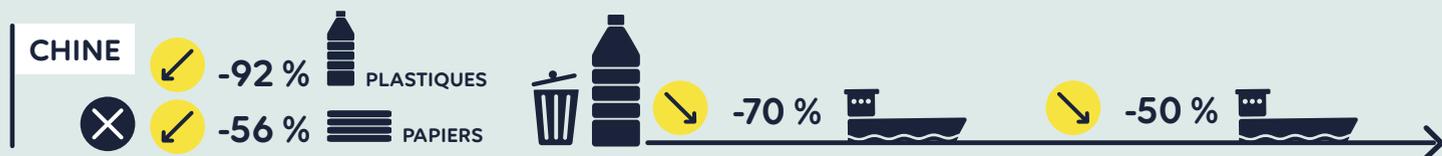
## PRATIQUES MONDIALES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS

Plus de la moitié des déchets produits dans le monde sont enfouis ou envoyés dans des décharges à ciel ouvert. Seuls 13,5 % sont recyclés. En Asie du Sud, jusqu'à 75 % des déchets partent en décharge, tandis qu'en Amérique latine, 68 % des déchets sont enfouis.

[World Bank, 2018](#)



## Les pratiques de recyclage de l'Ouest se relocalisent depuis que les pays asiatiques freinent les importations de déchets plastiques ...



### LA CHINE VERROUILLE SES FRONTIÈRES À L'IMPORTATION DE DÉCHETS (2017-2019)

La baisse des importations de déchets s'est accompagnée d'une augmentation de la valeur à l'unité des déchets (+27 % pour les déchets plastiques, +13 % pour les papiers).

[Sustainability, 2021](#)

### BAISSE DES EXPORTATIONS DE DÉCHETS PLASTIQUES DES ÉTATS-UNIS DEPUIS 2017

Les États-Unis se sont d'abord tournés vers des pays comme la Malaisie et le Vietnam à la suite des interdictions chinoises mais ces derniers ont aussi restreint les importations depuis 2019. En 2020-21, les exportations ont augmenté vers Canada, le Mexique, l'Inde, l'Indonésie et le Salvador.

[World Economic Forum, 2022](#)

### L'UE27 ET LE ROYAUME-UNI CONTRAINTES DE RÉDUIRE LEURS EXPORTATIONS DE DÉCHETS PLASTIQUES

En plus des refus asiatiques, les nouvelles règles de la Commission européenne entrées en vigueur en janvier 2021 ont restreint l'exportation de déchets plastiques vers des pays hors-OCDE.

[Plastics Europe, 2022](#)

## ... suivies par la réorganisation des trafics illégaux



### REVENUS DES TRAFIC ILLÉGAUX DES DÉCHETS DANGEREUX EN EUROPE EN 2020

Les réseaux de trafics illégaux se tournent vers l'Afrique pour les exportations de plastiques et des déchets ménagers et urbains, à la suite des restrictions asiatiques.

[Europol, 2022](#)



### REVENUS DES TRAFICS ILLÉGAUX DE DÉCHETS DANS LE MONDE

Parmi les trafics de déchets, les pays soulignent le caractère particulièrement organisé des trafics de déchets dangereux.

[FATF, 2021](#)





TENDANCE  
ÉCHANGES INTERNATIONAUX

# Entre flux illégaux et recyclage local, le traitement des déchets en pleine reconfiguration

OPHÉLIE CUVILLARD • Assistante de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

ANTOINE GILLOD • Directeur, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

Si les logiques géopolitiques ont été bousculées depuis les interdictions asiatiques d'importations des déchets plastiques qui ont commencé avec la Chine en 2018, elles se sont déplacées et n'ont pas eu pour effet d'inciter à un traitement plus efficace des déchets chez les pays exportateurs. Considérés comme une ressource dans les pays en développement, là où ils sont perçus comme des déchets dans les pays développés, les déchets plastiques sont à l'origine d'un commerce où les gains sont asymétriques. Cependant, l'urgence de leur traitement s'accompagne également d'une prise de conscience qui s'observe dans les grands textes transnationaux et dans les initiatives locales.



PANORAMA DES DONNÉES

## Les interdictions asiatiques dévient les flux de déchets vers de nouvelles destinations

Les différents fibres en plastique sont actuellement utilisées pour les emballages, le textile, le machines industrielles, les produits électroniques et électriques<sup>1</sup>, et dans les secteurs des transports et de la construction. Sur la période 1950-2015, seuls 9 % des plastiques ont été recyclés annuellement dans le monde<sup>2</sup>, 79 % ayant été accumulés dans les décharges ou déversés dans la nature, finissant dans les océans, et 12 % incinérés. Une étude de 2018 par l'OCDE a réévalué le taux de recyclage mondial entre 14 et 18 %, celui de l'incinération à 24 % et celui du déversement dans les décharges ou dans la nature entre 58 et 62 %<sup>3</sup>.

72 % des déchets mondiaux produits entre 1992 et 2016 ont été exportés à Hong Kong et en Chine, dont une grande partie par des canaux illégaux<sup>4</sup>. Une partie de l'Asie avaient commencé à introduire des politiques restrictives dès le début des années 2000 jusqu'à la politique du National Sword Policy (NSP) entrée en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2018 en Chine. Cette dernière interdit l'importation de 24 types de déchets solides recyclables<sup>5</sup> : plastiques non industriels, papiers mélangés, textiles ou encore scories de vanadium, un métal rare utilisé pour la métallurgie de l'acier. En conséquence, les importations de déchets plastiques ont chuté de 99 % et de plus d'un tiers pour celles du papier entre 2017 et 2018<sup>6</sup>. Les interdictions asiatiques ont eu pour principale conséquence le déplacement des importateurs de déchets plastiques, étant donné que les pays exportateurs n'avaient pas les moyens et les capacités industrielles en place pour se substituer à la Chine.



De 2016 à 2018, la région d'Asie du Sud-Est a connu une augmentation des importations de déchets plastiques de 171 % selon une étude menée par l'ONG Greenpeace d'Asie du Sud-Est<sup>7</sup>, passant de 836 529 à 2 231 127 tonnes. Autrement dit, en 2018, la région représentait 27 % des importations des déchets plastiques mondiaux, quand il s'agissait de 11 % en 2017 et de 5,38 % en 2016<sup>8</sup>. En effet, l'impossibilité d'exporter vers la Chine pour les pays occidentaux (Europe et États-Unis notamment) les ont conduits à se tourner vers les pays d'Asie du Sud-Est comme la Malaisie, les Philippines, le Vietnam, la Thaïlande, avant que ces derniers ne mettent à leur tour des politiques de restrictions. Comme ces pays n'ont pas ratifié la convention de Bâle (cf. **ENCADRÉ 1**), le contrôle de l'entrée des déchets dangereux est plus difficile. Accepter de traiter les déchets plastiques des pays du Nord était apparu comme une opportunité aux pays hors de l'OCDE qui pouvaient, les revendre après les avoir traités. Néanmoins, en raison d'équipements et d'infrastructures limités pour le recyclage, les déchets dangereux ou les déchets contaminés<sup>9</sup> finissaient souvent jetés ou brûlés.

#### ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

### LA CONVENTION DE BÂLE

En matière de juridiction internationale, la convention de Bâle entrée en vigueur en 1992 encadre les mouvements transfrontaliers des déchets, à la suite d'abus observés dans les années 1980, afin d'éviter que les pays occidentaux se déchargent de la gestion de leurs déchets dangereux sur les pays en développement. Les négociations pour le premier amendement sont restées bloquées jusqu'en 2011, avant qu'il n'entre en vigueur en décembre 2019. La convention définit la liste des déchets dangereux, qui a été mise à jour en mai 2019 avec le *Plastics Amendment*. Ce dernier catégorise les plastiques parmi les déchets dangereux, permettant aux pays importateurs d'exiger des informations sur ceux qui entrent sur leur territoire et de les refuser. Elle interdit l'exportation ou l'importation de déchets dangereux vers ou depuis un État non-Partie à la convention<sup>b</sup> et, le cas échéant, exige un accord du pays importateur. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021, la procédure d'accord préalable prévue pour les déchets plastiques dangereux (Annexe VIII) a été étendue aux plastiques ménagers demandant une considération spéciale (Annexe II). Hong Kong a retranscrit l'amendement dans son droit national, ainsi que la Commission européenne dans un nouveau règlement stipulant que seuls les déchets plastiques non dangereux et facilement recyclables pourront être exportés vers des pays extérieurs à l'OCDE. La nouvelle règle a été retranscrite et harmonisée dans le système de contrôle de l'OCDE concernant les déchets destinés à des opérations de valorisation ; ce qui signifie que même les États-Unis, non-partie à la Convention de Bâle, sont désormais soumis à cette règle. Enfin, elle prévoit les cas de réimportation des déchets dangereux, en particulier quand il s'agit de trafics illégaux.

Les exportations des déchets plastiques des pays européens sont passées de 1 583 Mkg en 2020 à 1 135 Mkg en 2021 (2 500 Mkg en 2017) et celles à destination des pays hors OCDE ont baissé de 45 % entre 2020 (887 Mkg) et 2021 (486 Mkg)<sup>9</sup>. Les interdictions asiatiques ont donc impliqué une baisse des exportations dans les pays hors de l'OCDE et une baisse des exportations en général (**FIG. 1**). À l'exception des cargaisons envoyées vers le Vietnam, qui ont augmenté, les exportations de déchets de l'UE vers les pays de l'Asie du Sud-Est ont diminué en 2021, tout comme celles vers la Turquie, devenue la destination principale des déchets plastiques exportés par les pays de l'UE<sup>10</sup>.

De manière générale, le total des exportations de déchets plastiques a diminué chaque année entre 2017 et 2021 depuis les grands pays exportateurs (passant de 6,75 Mt à 3,75 Mt)<sup>11</sup>. Les principaux exportateurs de déchets vers des pays hors OCDE en 2021 sont le Japon, les États-Unis, les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Australie, la Belgique et le Royaume-Uni et les principaux importateurs étaient la Turquie, la Malaisie, le Vietnam, l'Indonésie, l'Inde et la Thaïlande<sup>12</sup>. L'Inde a fait passer « l'interdiction » des importations de déchets plastiques décidées en 2019 en importations « restreintes » en 2022. En conséquence de cette fermeture des frontières asiatiques, les exportations des États-Unis vers le continent latino-américain (Equateur, Mexique, Salvador, Guatemala et Honduras) ont presque doublé entre 2019 et 2021. Les exportations de l'Europe et de l'Amérique du Nord vers l'Afrique augmentent, suivant les flux de commerce qui existaient déjà pour les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE).

Malgré la chute drastique de l'importation des déchets plastiques en Chine, la demande de particules de plastique recyclé augmente à mesure que les grandes chaînes mondiales multiplient les engagements pour diminuer l'utilisation de plastiques primaires. Avec le durcissement des règles internationales d'échanges, les interdictions d'importations asiatiques et l'activité lucrative que représente ce marché (qui devrait atteindre 50,36 Md\$US en 2022), les activités illégales augmentent. En parallèle, les initiatives de recyclage et d'économie circulaire n'ont plus d'autres choix que de se développer dans les pays producteurs de déchets.

a La contamination désigne le mélange de déchets recyclables et non recyclables. En raison de normes assez faibles sur la qualité des déchets acceptés, déchets recyclables et non recyclables finissaient souvent mélangés.

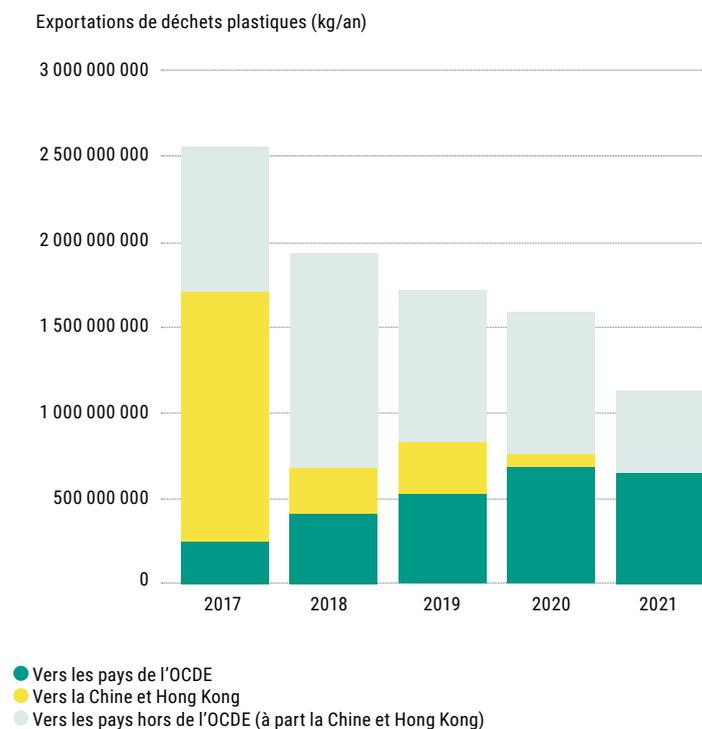
b La convention compte 190 Parties et a été signée par 51 pays initialement, sans les États-Unis.



FIGURE 1

## DESTINATIONS DES EXPORTATIONS DES DÉCHETS PLASTIQUES EUROPÉENS<sup>c</sup> DE 2017 À 2021

Source : UN Comtrade



L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

## Face à un recyclage défaillant et des transferts illégaux, la circularité mise sur la réutilisation des déchets plastiques

### Reconnus comme des déchets dangereux, les plastiques alimentent trafics illégaux

Les activités illégales concernant les déchets concernent différentes activités : le transport des déchets sur les marchés noirs, la contamination, les fausses déclarations sur les déchets dangereux ou en déclarant des déchets comme des produits réutilisables. Dans ce dernier cas, les produits ne sont alors plus soumis aux réglementations internationales sur les échanges de déchets et peuvent être échangés avec les pays en développement<sup>13</sup>. Si ces derniers dépendent des produits réutilisables comme certains déchets électroniques ou des voitures, la majorité d'entre eux ne sont pas fonctionnels et peuvent aussi cacher d'autres types de déchets. Selon l'Organisation mondiale des douanes (OMD), ce type d'actions complique la distinction entre les déchets légaux et illégaux,

créant une vaste zone grise où il est difficile de faire appliquer les règles internationales<sup>14</sup>.

À mesure que les déchets s'accumulent, les trafics illégaux augmentent à travers une économie sous-terrainne du commerce du plastique recyclé. Une étude a évalué l'étendue de cette économie grâce à l'observation des différences entre ce qu'annonçaient les deux parties prenantes d'un même échange. En moyenne, les exportateurs de déchets déclarent une valeur 18,47 % plus importante que les importateurs (tendance inverse de ce qu'on peut observer sur les autres types d'échanges économiques)<sup>15</sup>. Selon l'OMD, les flux illégaux sont particulièrement élevés pour les échanges de déchets. L'OMD avait lancé l'opération Demeter IV contre les flux illégaux de déchets en 2018 : parmi les 199 saisies réalisées, les déchets plastiques et électroniques faisaient partis des déchets les plus nombreux<sup>16</sup>. Les flux illégaux de déchets sont rapportés à partir de l'Europe de l'Ouest, en particulier de la mer Adriatique vers la Turquie et la Bulgarie<sup>17</sup>. En décembre 2021, le bateau *Cosco Pride* voyageant avec 37 conteneurs de déchets plastiques provenant de l'Allemagne vers la Turquie avant d'être exportés à nouveau vers le Vietnam<sup>18</sup>, avait été arrêté sur sa route vers l'Asie, rapporté par les autorités grecques, à la suite d'un avertissement du Réseau d'Action de Bâle<sup>d</sup>. Les flux vont en effet rarement d'un point A à un point B, notamment quand des pays importateurs reçoivent des livraisons illégales et les déportent sur d'autres pays voisins (FIG. 2).

Dans un rapport publié en août 2020, Interpol a analysé les tendances criminelles émergentes sur le marché mondial des déchets plastiques depuis le début de la mise en œuvre de la politique chinoise en janvier 2018. En s'appuyant sur les données et renseignements de 40 pays, Interpol identifie une multiplication des pratiques hors des frontières du droit : transferts de cargaisons illégales de déchets vers d'autres destinations, dépôts sauvages non autorisés, incinérations illégales et fraudes administratives sont autant de voies alternatives ouvertes en l'absence de capacités domestiques de recyclage dans les pays jusqu'alors dépendants de la Chine<sup>19</sup>. En 2020, les unités de contrôle portuaire et du fret aérien ont intercepté 630 tonnes de déchets<sup>20</sup>. Treize pays parmi les 24 pays touchés par les exportations illégales étaient situés sur le continent asiatique. L'analyse d'Interpol observe que les routes de déchets illégaux suivent les routes légales et, de fait, elles suivent également leur changement de destination induit par la montée des législations restrictives. Néanmoins, à mesure que certains pays d'Asie du Sud-Est augmentaient les réclamations contre ces livraisons illégales et mettent en place des interdictions, la tendance serait au déplacement de ces transferts illégaux vers des pays non importateurs, rapatriant les déchets dangereux vers des pays plus vulnérables dotés de moins d'infrastructures pour traiter les déchets. Si cette tendance a déjà été observée dans des pays d'Asie du Sud-Est, il faudra encore attendre quelques années pour avoir les données concernant l'Afrique et l'Amérique latine,

<sup>c</sup> Par « déchets plastiques », on entend la classification HS3915 de la base de données UNcomtrade (nommée « Waste, parings and scrap, of plastics »). De 2017 à 2019, l'UE comprend le Royaume-Uni.

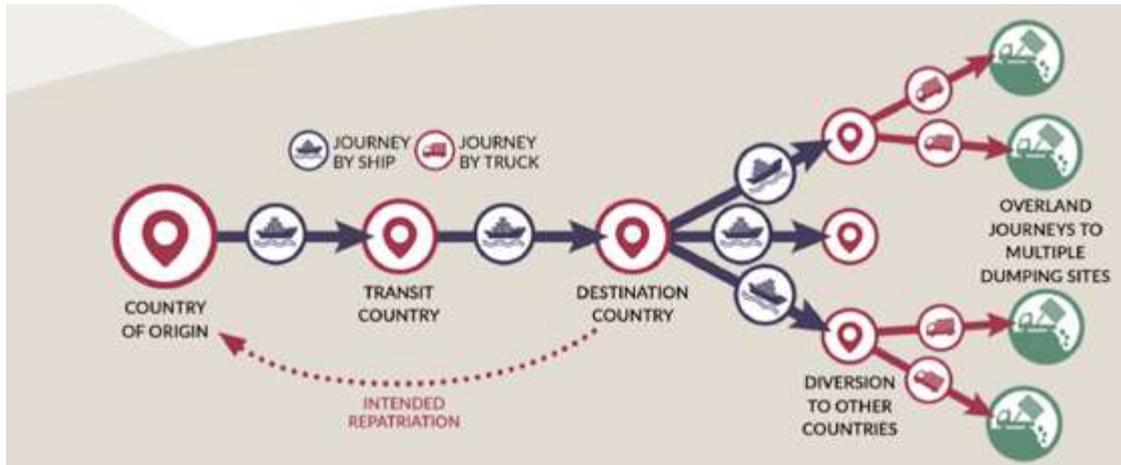
<sup>d</sup> Le Basel Action Network est une ONG créée à la suite de la convention de Bâle pour aider à s'assurer de sa mise en œuvre et à faire sanctionner son non-respect. Elle s'intéresse à trois types de déchets toxiques couverts par la convention : les DEEE, les bateaux usagés et la pollution plastique.



**FIGURE 2**

**FLUX TRANSNATIONAUX DE DÉCHETS PLASTIQUES**

Source : [Global Initiative against transnational organized crime, 2021](#)



vers lesquels les transferts semblent se diriger selon Interpol. En particulier, les routes utilisées pour le transfert des DEEE en Afrique pourraient être utilisées pour le transferts des déchets plastiques.

Les DEEE vers l'Afrique sont en partie exportés sous dénomination fallacieuse<sup>21</sup>. Le nouveau rapport français du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) conclut que la France ne connaît l'avenir que de 20 % de ses déchets exportés<sup>22</sup>, en raison des lacunes des données existantes. En particulier, elle souligne qu'une grande partie de DEEE est exportée sous la dénomination de « produits d'occasion » et non de « déchets » ou qu'un même code couvre les produits et les déchets rendant impossible l'analyse de données précises par la suite. Jusqu'en octobre 2021<sup>23</sup>, les déchets électroniques et électriques ne faisait pas partie de la nomenclature douanière de l'Union européenne. Une enquête sur deux ans (2015-2016) de l'ONU, publiée en 2018, statue que 77 % des importations d'équipements électriques et électroniques (EEE) provenaient de ports de l'UE – l'Allemagne et le Royaume-Uni en représentaient 20 % chacun<sup>24</sup>. Les importations sont surtout dirigées vers l'Afrique de l'Ouest. L'enquête conclut sur un grand manquement aux règles de la Convention de Bâle concernant les contrôles de la nature des déchets, entraînant l'envoi de déchets dangereux et donc illégaux, sans transparence et accord préalable. Sur les 30 000 tonnes d'EEE arrivées au Nigéria en 2018, au moins 25 % ne fonctionnaient pas et n'étaient pas réparables et environ 70 % étaient arrivés dissimulés dans des véhicules d'occasion<sup>25</sup>. Dans un podcast du média francophone RFI<sup>26</sup>, Samuel Turpin indique à la suite d'un reportage qu'il a mené à Cotonou au Bénin, que les pays concernés pourraient refuser les déchets au moment de la réception selon la convention, mais que ces contrôles nécessiteraient des ressources et une volonté politique qui manquent la plupart du temps. La ville de Dakar (Sénégal) avait refusé en mai 2021 la réception de 25 conteneurs de déchets plastiques pour un poids de 581 tonnes, du transporteur allemand Hapag-Lloyd, qui a dû réexporter la cargaison en Espagne et payer une amende

de 2 Md de francs CFA (3 M€)<sup>27</sup>. Le Sénégal a en effet interdit depuis avril 2020<sup>28</sup> l'importation d'un certain nombre de déchets plastiques à usage unique.

**Le durcissement de la législation internationale sur les flux de déchets**

Les réseaux informels sont en ligne de mire des restrictions contre la pollution plastique. En juin 2022<sup>29</sup>, le ministère de l'Environnement, des Forêts et du Changement Climatique de l'Inde a annoncé que la production, l'importation, le stockage, la distribution et la vente des produits en plastique à usage unique de faible utilité et avec une grande probabilité d'être vite jetés, seront interdits. Le non-respect de cette nouvelle mesure est sanctionné jusqu'à cinq années de prison et 100 000 roupies (1 220 €). Au 31 décembre 2022, la mesure doit s'étendre à davantage de produits<sup>30</sup>. À New Delhi, environ 150 000 chiffonniers<sup>31</sup> et ramasseurs de déchets informels dépendent des montagnes de déchets présents dans la ville. Ces personnes (environ 5 millions en Inde) ne sont pas reconnues officiellement comme des travailleurs mais permettent de recycler environ un cinquième des déchets municipaux grâce à ce qu'elles ramassent, en s'exposant aux produits chimiques, potentiellement dangereux, et au méthane présents dans les déchets. Ces ramasseurs informels sont les premières victimes de la dangerosité des produits plastiques et de sa dépendance. L'annonce du gouvernement indien marque un tournant positif pour la réduction des déchets plastiques mais menace les moyens de subsistance des ramasseurs. Au bout de trois mois, des études soulignent les effets disproportionnés sur les plus vulnérables et négligeables sur les multinationales<sup>32</sup>.

D'autres collectivités indiennes avaient essayé les années précédentes d'interdire les sacs plastiques – en vain, au vu des nombreux obstacles rencontrés. L'État de Maharashtra a tenté en 2018 de renforcer et d'enrichir sa politique restrictive<sup>33</sup>, amenant à la fermeture de plus de 300 producteurs de sacs plastiques les premières semaines et à de grandes confusions au sein de la population sur leur utilisation. Face à



la confusion générale et à l'appui de grands groupes, le gouvernement avait fini par assouplir la mesure. Le gouvernement de Maharashtra a par la suite développé d'autres mesures complémentaires en réclamant par exemple aux grandes industries 0,25 roupies par « tetrapak »<sup>e</sup> afin d'alimenter un fond pour la collecte et le recyclage des déchets<sup>34</sup>.

Devenue la première destination des exportations européennes depuis les interdictions chinoises, la Turquie a importé 50 % des déchets plastiques de l'UE en 2020-2021. Néanmoins, le rapport<sup>35</sup> d'Human Rights Watch (HRW) publié en septembre 2022, souligne les effets locaux néfastes des actions de recyclage du plastique en Turquie. Le manque de normes et de contrôles a d'importants impacts sanitaires et environnementaux. Le processus de recyclage des déchets plastique met en danger la santé (et réduit drastiquement l'espérance de vie) par les toxines qu'ils libèrent quand ils sont recyclés si les personnes ne sont pas équipées correctement. Les salariés sondés<sup>f</sup> dans l'étude de HRW font partie des revenus les plus modestes et ne peuvent pas perdre leur emploi. Dans un rapport sur le commerce illégal des déchets plastiques, Global Initiative<sup>g</sup> observe qu'environ deux incinérations suspectes ont lieu dans les usines de recyclage en Turquie par semaine<sup>36</sup>.

Le 17 novembre 2021<sup>37</sup>, la Commission européenne a adopté de nouvelles règles au sujet des transferts de déchets hors de l'Union européenne. L'objectif des mesures européennes proposées seraient de n'autoriser que les exportations si les pays importateurs « sont en mesure de les gérer durablement » et de contraindre les entreprises européennes à soumettre les infrastructures qui gèrent leurs déchets à l'étranger à des audits environnementaux<sup>38</sup>. Des ONG ont néanmoins réclamé<sup>39</sup> une interdiction plus stricte sur les exportations de déchets en soulignant les dérogations accordées et la distinction insuffisante entre le recyclage et d'autres formes moins ambitieuses de traitement, comme l'incinération. Selon les ONG, la révision du texte pourrait temporairement permettre de transférer les déchets vers les pays de l'OCDE mais ne rendrait pas l'exportation de déchets plus difficile. En septembre 2021, l'Agence d'Investigation Environnementale<sup>h</sup> avait appelé, dans un rapport<sup>40</sup>, l'Union européenne à amender la régulation sur le transfert des déchets en raison des conséquences environnementales et sociales de ces flux.

### Au niveau local, régional ou national, des initiatives éclairent néanmoins l'avenir du traitement des déchets

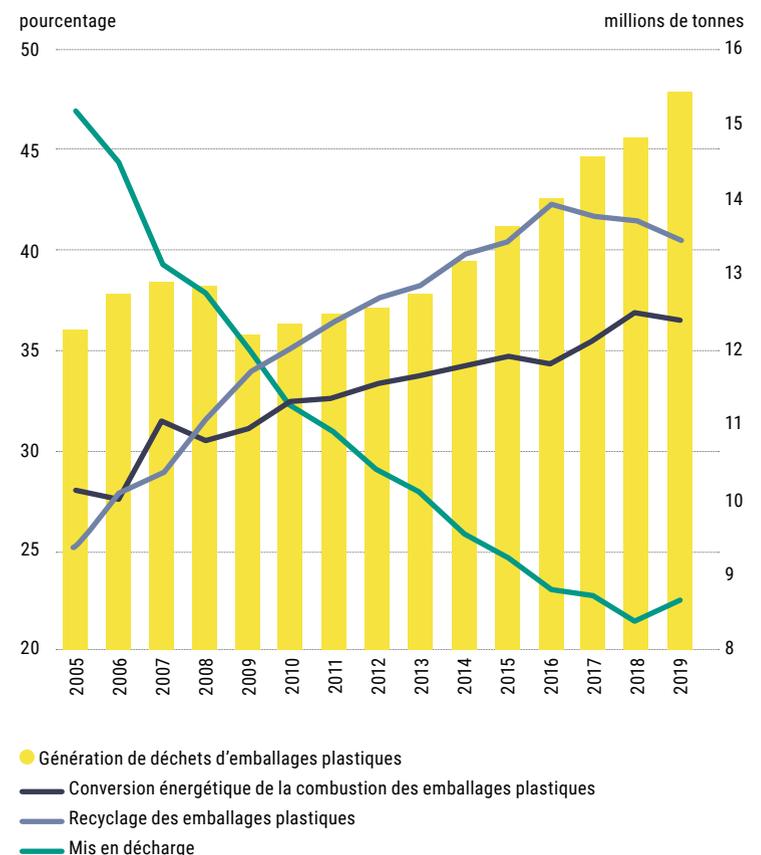
175 pays se sont mis d'accord pour négocier un traité onusien légalement contraignant sur le plastique<sup>41</sup> en mars 2022. Ce traité pourrait représenter une avancée majeure dans la lutte contre la pollution plastique et a même été souligné comme pouvant contrecarrer le plan B des compagnies pétrolières qui misent sur la production pétrochimique pour assurer leur avenir (CF. SIGNAUX). Au niveau international, si de nombreuses

organisations internationales existent déjà, CMA CGM – lors du One Ocean Summit en février 2022<sup>42</sup> – a rappelé le poids qu'ont les transporteurs et tous les acteurs du secteur en annonçant interdire le transport de déchets plastiques sur leur bateaux à compter du 1<sup>er</sup> juin 2022. Si des compagnies comme Hapag-Lloyd, Maersk, Hamburg Sud ou MSC l'avaient fait au niveau des eaux chinoises – et de Hong-Kong pour les trois dernières – CMA CGM porte son interdiction au niveau mondial<sup>43</sup>. Dans le Pacte vert européen (*European Green Deal*) pour atteindre la neutralité climatique en 2050, l'Union européenne a consacré un plan pour l'économie circulaire<sup>44</sup> qui vise à réduire la production des déchets. Dans la stratégie européenne sur les plastiques adoptée en 2018, les mesures adoptées par l'Europe concernant les déchets plastiques et leur production ont permis d'atteindre un niveau de recyclage à 41,5 %<sup>45</sup> (moins de 10 % aux États-Unis<sup>46</sup> et 14 à 18 % dans le monde<sup>47</sup>). Si la production des plastiques primaires a diminué en Europe depuis 2017 (de 64 Mt à 55 Mt en 2019), la consommation moyenne des produits plastiques augmente.

**FIGURE 3**

### ÉVOLUTION DE LA GÉNÉRATION DES DÉCHETS D'EMBALLAGES PLASTIQUES (EN MT) DANS L'UE À 27 ET DES MÉTHODES DE TRAITEMENT

Source : Eurostat data in IFRI, 2022



e Le terme de tetrapak fait référence à des emballages alimentaires. Tetra Pak est une entreprise suédo-française et premier concepteur mondial d'emballages de produits alimentaires et d'origine solutions de traitement.

f L'étude de HRW se base sur le témoignage de 64 personnes.

g Global Initiative est une ONG indépendante, constituée de membres œuvrant pour le respect des lois internationales. Elle lutte donc contre les réseaux de crimes organisés à l'international.

h Agence d'Investigation Environnementale (*Environmental Investigation Agency*) est une association britannique dont l'objectif est de mener des enquêtes sur les crimes environnementaux. Elle mène également des campagnes militantes, en s'appuyant notamment sur ces rapports.



De 2009 à 2019, la quantité d’emballages de déchets plastiques a augmenté, comme le recyclage en quantité mais pas en valeur relative (FIG. 3). Le traitement des emballages plastiques par incinération pour les convertir en énergie a augmenté de 34,4 % en 2016 à 36,5 % en 2019<sup>48</sup>. Utiliser les déchets pour produire de l’énergie est apparu comme une solution à encourager pour favoriser l’indépendance énergétique au niveau local, dans un contexte de crise énergétique en 2022. À ce titre, la Fnade – fédération d’entreprises du secteur des déchets en France – a par exemple proposé de doubler la production de chaleur issue des déchets<sup>49</sup> mais la combustion des déchets nécessaire à cette conversion énergétique reste émettrice de GES. La révision de la directive-cadre des déchets est prévue pour le premier semestre 2023<sup>50</sup> et celle prévue pour la directive emballages et déchets d’emballages a pour but de mieux prendre en compte la prévention des déchets et non plus seulement sur le recyclage<sup>51</sup>. Dix produits plastiques ont été retirés du marché européen depuis le 3 juillet 2021 – suivant une directive européenne de 2019 – mais certaines ONG nuancent l’impact de la mesure estimant qu’ils ne concernent que 1 % de la production européenne de plastique<sup>52</sup>.

L’économie circulaire se définit par une organisation économique alternative au modèle linéaire « produire-consommer-jeter », dont un des leviers pour la gestion et la valorisation des déchets est le dispositif de responsabilités élargies aux producteurs (REP)<sup>53</sup>. Ces derniers permettent de déplacer la responsabilité des déchets plastiques sur la production afin de reconnecter les différentes phases de cycle de vie d’un produit. Ces programmes sont conçus pour que les producteurs participent à la collecte, au tri, au pré-traitement, à la réhabilitation – recyclage ou valorisation énergétique – ou l’incinération des déchets. Dans un rapport<sup>54</sup>, la GIZ (la banque de développement allemande) revient sur les résultats de cinq programmes de ce type mis en place près de zones côtières : en Australie, au Canada (Colombie britannique), dans l’Union européenne, en Corée du Sud et en Tunisie. L’étude de la GIZ conclue l’efficacité des programmes de REP pour éviter la pollution marine, à condition qu’ils soient conçus précisément, véritablement mis en œuvre, suivis et développés en continu. Aux États-Unis, les programmes, commencent à se mettre en place après le premier dans le Maine en 2021 (CF. SIGNAUX). En France, une REP sur les bâtiments entrera en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2023<sup>55</sup> (CF. SIGNAUX).

En 2021, l’UE a définitivement adopté une taxe sur les déchets plastiques non recyclés (devenant dès lors une nouvelle source de revenus de l’UE). Chaque kilo de déchets d’emballages plastiques non recyclés coûte 80 centimes d’euros au pays, soit 800 € par tonne métrique. Les États peuvent verser le coût de la taxe directement via leur budget national ou en le finançant grâce à des taxes sur le secteur privé. Pour l’instant, la France, l’Allemagne, l’Irlande, le Luxembourg et la Slovaquie ont choisi la première possibilité, même s’ils comptent à terme déplacer le coût sur les entreprises pour

favoriser le recyclage<sup>56</sup>. En 2021, la France a versé 1,2 Md€ à l’UE<sup>57</sup>. L’Espagne et l’Italie ont choisi de mettre en place une nouvelle taxe sur les emballages plastiques à usage unique collectés et non recyclés (de 0,45 € le kilo) qui entrera en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2023<sup>58</sup>. La taxe mise en place par le Royaume-Uni le 1<sup>er</sup> avril 2022 est différente et s’applique pour les emballages plastiques qui contiennent moins de 30 % de plastique recyclé et sur les emballages plastiques importés<sup>59</sup>. La Belgique prévoit d’intégrer le coût de la taxe via le mécanisme des responsabilités élargies aux producteurs.

Aux États-Unis, selon un rapport<sup>60</sup> de la branche américaine de Greenpeace, le taux de recyclage des bouteilles et pots en téréphtalate de polyéthylène (PET) n’est que de 21 % et de 10 % pour le polyéthylène haute densité (HDPE)<sup>61</sup>. Pourtant, les pots et les bouteilles en PET et en HDPE, portant le numéro 1 et 2, sont les seuls qui respectent les caractéristiques gouvernementales de recyclabilité aux États-Unis. La majorité des usines de recyclage refusent les plastiques numérotés de 3 à 7, plus difficiles à traiter ou contenant trop de produits toxiques. Le rapport observe donc la limite du recyclage des produits plastiques tout en soulignant le faible taux de recyclage pour les produits pour lesquels il est possible. La difficulté du recyclage des déchets plastiques en raison des produits toxiques qu’ils contiennent et leur haute probabilité d’être mélangés avec des déchets toxiques rendent les coûts de recyclage supérieurs à l’achat de nouveaux plastiques. L’ONG appelle donc les entreprises à réduire leurs emballages plastiques de 50 % en 2030 plutôt que de doubler leur taux de recyclage. Le combat contre la production plastique reste néanmoins coriace aux États-Unis : l’Administration des Services Généraux a soumis une proposition de loi pour interdire le plastique à usage unique en juillet 2022<sup>62</sup> mais depuis, les géants de l’industrie plastique ont lancé des campagnes massives visant à contrer la proposition<sup>63</sup>.

Dans les Balkans<sup>64</sup>, les politiques envisagées se focalisent majoritairement sur l’installation d’infrastructures pour utiliser la combustion des déchets afin de produire de l’énergie<sup>i</sup> : une usine d’incinération à cet effet doit commencer fin 2022 en Serbie. Dans cette région, le peu qui est recyclé l’est grâce aux ramasseurs informels, qui les vendent à des entreprises de recyclage sur place ou prêt à l’export. Avant le recyclage, l’enjeu politique est surtout d’arrêter les dépôts dans les décharges illégales. Des investissements en faveur d’autres types d’usines de traitement ont néanmoins été lancés dans plusieurs pays. Au Kosovo, un projet pilote pour traiter les déchets organiques a été lancé dans la ville de Priština en 2020<sup>65</sup> dans le cadre d’un plan d’action municipal<sup>66</sup> pour diriger les investissements vers des usines de recyclage et de compostage.

En Asie, des programmes sont mis en place pour la gestion et le recyclage des déchets, en particulier pour contrer la pollution plastique marine. Les déchets plastiques comptent pour près de 80 % des débris présents dans les océans. La région d’Asie du Sud-Est est responsable pour près de 70 %

<sup>i</sup> Selon la hiérarchie des modes de traitement des déchets de l’ONG Zéro Waste, la valorisation énergétique n’arrive qu’en quatrième position parmi les cinq solutions proposées : le code de l’environnement défend en priorité la prévention des déchets, pour éviter leur production, suivi du réemploi, qui les considère comme des ressources. Les trois dernières adviennent lorsque les deux premières n’ont pu avoir lieu : le recyclage, suivi de la valorisation énergétique et de l’élimination.



des déchets plastiques émis dans les océans. Premières victimes de cette pollution, les pays de l'Asie du Sud-Est ont mis en place des plans régionaux pour l'éviter et la traiter. Deux ans après la déclaration de Bangkok pour combattre les plastiques marins en 2019, le plan d'action régional statuant sur quatorze politiques prioritaires à mettre en place par les pays membres de l'ASEAN a été lancé et est financé à hauteur de 20 M\$ de prêts par la Banque mondiale<sup>67</sup>. En outre, la Commission de l'Océan Indien a mis en œuvre depuis l'an dernier un programme baptisé EXPLOI (Expédition Plastique Océan Indien). Doté de 6,5 M€ ce programme a pour objectif d'analyser cette pollution pendant cinq ans et d'émettre des recommandations<sup>68</sup>.

Dans les pays en développement, citoyens et entrepreneurs locaux développent leurs propres initiatives pour réutiliser ou recycler les déchets plastiques, notamment pour les infrastructures et le bâtiment. À Nairobi, une entrepreneuse a lancé une industrie transformant les déchets plastiques en brique pour remplacer le béton pour les projets de construction : « *Fabriqués à partir d'une combinaison de plastique et de sable, les pavés ont un point de fusion supérieur à 350 °C et sont plus durables que leurs homologues en béton* »<sup>69</sup>. L'entreprise Gjenge Makers a donc recyclé plus de 20 t de plastiques jetés, en produisant entre 1 000 et 1 500 briques par jour et créé 150 emplois locaux. Plusieurs projets de routes à base de déchets plastiques ont vu le jour en Inde, où environ 60 000 miles de « *plastic roads* » ont été construites depuis 2018. Par exemple une autoroute de 703 km<sup>70</sup> a été construite à New Delhi grâce à ces déchets en 2021. D'autres pays africains ou occidentaux ont suivi la tendance depuis en 2018<sup>71</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Les interdictions d'importations des déchets plastiques prononcées par la Chine en 2018 – suivie par certains pays voisins – ont souligné la faiblesse des capacités locales de recyclage dans les pays industrialisés exportateurs de déchets. La relocalisation urgente du recyclage de millions de tonnes de plastiques a également mis en lumière les conditions précaires de leurs pratiques de recyclage. En parallèle de ce processus et dans le cadre de la convention de Bâle, la dénomination et le contrôle des déchets représentent un enjeu important pour éviter le contournement des règles internationales et des accords bilatéraux. En effet, les trafics illégaux des déchets font partie des réseaux les plus organisés de crimes environnementaux et si les exportations de déchets plastiques vers les pays d'Asie du Sud-Est ont diminué officiellement, les transferts illégaux ont parfois remplacé les transferts autrefois légaux, conduisant à des pratiques de recyclage non officielles et plus dangereuses. L'Europe a fait quelques progrès en matière de recyclage des polymères mais fait face aux limites de ce type de traitement pour véritablement réduire les émissions du secteur et pour bifurquer vers une économie circulaire, qui passe d'abord vers la prévention de leur production et par la valorisation de la réutilisation des ressources.**



## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 OECD (2018). [Improving Plastics Management : Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade](#). Organisation for Economic Co-operation and Development.
- 2 Geyer, R. et al. (19/07/2017). [Production, use, and fate of all plastics ever made](#). *Science Advances*
- 3 OECD (2018). Improving Plastics Management..., *op. cit.*
- 4 Brooks A., Wang Shunli et Jeena R. Jambeck. (2018). [The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade](#). *Sciences Advances*, Vol. 4, NO. 6
- 5 Staub, C. (19/07/2017). [China says it will ban certain recovered material imports](#). *Resource Recycling*
- 6 Staub, C. (29/01/2019). [China : Plastic imports down 99 percent, paper down a third](#). *Resource Recycling*
- 7 Greenpeace (June 2019). [Southeast Asia's struggle against the plastic waste trade](#). *Greenpeace Southeast Asia*
- 8 *Ibid.*
- 9 BAN (2021). [European Union Export Data. 2021 Annual Summary](#). *Basel Action Network*
- 10 *Ibid.*
- 11 BAN (2021). [Global Export Data. 2021 Annual Summary](#). *Basel Action Network*
- 12 *Ibid.*
- 13 WCO Secretariat (n.d.). [Illegal waste trafficking : more data is key to getting a better grip on this trade](#). *World Customs Organization*
- 14 *Ibid.*
- 15 Pacini, H. et al. (July 2021). [Network analysis of international trade in plastic scrap](#). *Sustainable Production and Consumption*, Vol. 27, pp. 203-216
- 16 WCO (28/11/2018). [Illegal trade in waste : overview of Operation Demeter IV](#). *World Customs Organization*
- 17 Scaturro, R. & Kemp, W. (26/07/2022). [Portholes. Exploring the maritime Balkan routes](#). *Global Initiative against transnational organized crime*
- 18 BAN (02/12/2021). [Environmental groups move quickly and block the export of German plastic waste to Vietnam](#). *Basel Action Network*
- 19 Interpol (2020). [Interpol strategic analysis report : Emerging criminal trends in the global plastic waste market since January 2018](#). *Interpol*
- 20 WCO (12/07/2021). [L'OMD et l'ONUDC lancent un nouveau projet pour renforcer la capacité de détection des transferts illégaux de plastique et de déchets dangereux](#). *World Customs Organization*
- 21 Collet, P. (29/03/2022). [Déchets : la France connaît bien mal ses exportations](#). *ActuEnvironnement*
- 22 Baccaini, B. et al. (2022). [Le devenir des déchets exportés à l'étranger par la France](#). *Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable*
- 23 Commission européenne (12/10/2021). [Modification de l'annexe I du règlement \(CEE\) n°2658/87 du Conseil relatif à la nomenclature tarifaire et statistique et au tarif douanier commun](#). *Journal officiel de l'Union européenne*
- 24 Roussel, F. (16/04/2018). [Les déchets électroniques se cachent pour voyager](#). *ActuEnvironnement*
- 25 United Nations University (2018). [Thousands of Tonnes of E-Waste is Shipped Illegally to Nigeria Inside Used Vehicles](#). *United Nations University*
- 26 RFI (2022). [Les déchets d'équipements électriques et électroniques : une plaie pour l'Afrique](#). *RFI*
- 27 RFI (25/05/2021). [Sénégal : le bateau de Hapag-Lloyd chargé de déchets plastiques part en catimini](#). *RFI*
- 28 AFP (20/04/2020). [Senegal bans most single-use plastics](#). *Phys.Org*
- 29 Ministry of Environment, Forest and Climate Change of India (June 2022). [Ban on identified Single Use Plastic Items from 1st July 2022](#). *Ministry of Environment, Forest and Climate Change of India*
- 30 Packaging Europe (30/06/2022). [India to introduce ban on some single-use plastics from July 2022](#). *Packaging Europe*
- 31 Ara, I. (30/06/2022). [This Is What a Radical Plastic Ban Looks Like](#). *Time*
- 32 Deshpande, T. (02/10/2022). [Three Months On, India's Single-Use Plastic Ban A Dud](#). *IndiaSpend*
- 33 Chandrashekar, V. (28/08/2018). [In India's Largest City, A Ban on Plastics Faces Big Obstacles](#). *Yale Environment 360*
- 34 *Ibid.*
- 35 HRW (21/09/2022). [Turquie : Le recyclage du plastique nuit à la santé et à l'environnement](#). *Human Rights Watch*
- 36 Global Initiative (November 2021). [Plastic for profit](#). *Global Initiative against transnational organized crime*
- 37 Loonela, V. & Stoycheva, D. (21/10/2022). [European Green Deal : Commission adopts new proposals to stop deforestation, innovate sustainable waste management and make soils healthy for people, nature and climate](#). *European Commission*
- 38 Euractiv (18/11/2021). [L'UE veut durcir les règles sur ses exportations de déchets](#). *Euractiv*
- 39 Arbinolo, R. (17/11/2021). [EU Waste Shipment Regulation falls short of fixing Europe's waste export crisis](#). *European Environmental Bureau*
- 40 EIA (September 2021). [The truth behind trash](#). *Environmental Investigation Agency*
- 41 Evans, J., Hodgson, C. (02/03/2022). [World leaders agree to draw up 'historic' treaty on plastic pollution](#). *Financial Times*
- 42 CMA CGM (14/02/2022). [One Ocean Summit : le Groupe CMA CGM prend la décision de ne plus transporter de déchets plastiques sur ses navires](#). *CMA CGM*
- 43 Shiphub (n.d). [Transporting plastic waste](#). *Shiphub*
- 44 European Commission (2020). [Circular Economy Action Plan](#). *European Commission*
- 45 Eurostat (13/01/2021). [More than 40 % of EU plastic packaging waste recycled](#). *Eurostat*
- 46 US EPA (08/03/2022). [Containers and Packaging : Product-Specific Data](#). *US Environmental Protection Agency*
- 47 OECD (2018). [Improving Plastics Management](#). *op.cit*
- 48 IFRI (04/07/2022). [Five Years after China's Plastic Import Ban : Have Europeans Taken Responsibility?](#) *IFRI*
- 49 Combe, M. (19/10/2022). [La Fnade propose de doubler la production de chaleur issue des déchets](#). *Techniques de l'Ingénieur*
- 50 Collet, P. (01/02/2022). [Directive-cadre Déchets : la Commission ouvre un appel à contributions](#). *ActuEnvironnement*
- 51 Dumas, A. (20/09/2021). [L'UE souhaite réduire les emballages grâce à une nouvelle législation](#). *Euractiv*
- 52 Hockens, P. (08/06/2021). [Europe's Drive to Slash Plastic Waste Moves Into High Gear](#). *Yale Environment 360*
- 53 Ellen Macarthur Foundation (2021). [Extended Producer Responsibility – a necessary part of the solution to packaging waste and pollution](#). *Ellen Macarthur Foundation*
- 54 GIZ (2022). [Assessing the role and impact of EPR in the prevention of marine plastic packaging litter](#). *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*



55 Batirama (18/10/2022). [L'entrée en vigueur de la REP bâtiment approche à grand pas.](#) *Batirama*

56 Anthesis (17/03/2022). [How is the Plastic Packaging Levy Expected to Improve Recycling and Reduce Waste?](#) *Anthesis*

57 Jacque, M. (21/03/2022). [La France a payé 1,2 milliard d'euros de « taxe plastique » à Bruxelles en 2021.](#) *LesEchos*

58 EY (13/04/2022). [Spain introduces new indirect tax on non-reusable plastic packaging as of 1 January 2023.](#) *EY Building a better working world*

59 EY (2021). [Plastics and packaging taxes in Europe.](#) *EY Building a better working world*

60 Winters, J. (24/10/2022). [380 million tons of plastic are made every year. None of it is truly recyclable.](#) *Grist*

61 Greenpeace USA (24/10/2024). [Circular Claims Fall Flat Again.](#) *Greenpeace USA*

62 GSA (07/07/2022). [Proposed Rule. General Services Administration Acquisition Regulation \(GSAR\); Single-Use Plastics and Packaging.](#) *Federal Register. The Daily Journal of the USA*

63 Winters, J. (20/10/2022). [The selective accounting behind the plastic industry's climate-friendly claims.](#) *Grist*

64 EEA (27/06/2022). [Municipal waste management in the Western Balkan countries.](#) *European Environment Agency*

65 Fondation Jeshil (19/12/2019). [Pristina will have a composting scheme.](#) *Fondation Jeshil*

66 Mott MacDonald Ltd (2021). [City of Pristina Green City Action Plan.](#) *Pristina City*

67 Van Trotsenburg, A. & Jock Hoi, L. (22/07/2022). [Turning the tide on plastic pollution through regional collaboration in Southeast Asia.](#) *East Asia & Pacific on the Rise*

68 Minas, B. (19/10/2022). [Environnement : L'Océan Indien est pollué par les déchets plastiques.](#) *FranceInfo*

69 Renault, C. (17/10/2022). [Une entrepreneuse de Nairobi recycle les déchets plastiques en briques plus durables que le béton.](#) *Ouest France & Sain et Naturel*

70 Times of India (30/07/2021). [India constructed 703 km of highways using plastic waste.](#) *Times of India*

71 Parson, A. (11/02/2021). [How Paving With Plastic Could Make a Dent in the Global Waste Problem.](#) *Yale Environment 360*



TENDANCES  
TEXTILE

# En Europe, l'économie circulaire dans le secteur textile se réinvente

NICOLÁS E. OBANDO • Consultant

Afin de réduire la production de déchets textiles et améliorer leur gestion, des lois et mesures encadrant spécifiquement le modèle d'économie circulaire dans le secteur textile sont mises en place en Europe et en Chine. En particulier, on observe, ces dernières années, une tendance en Europe où les producteurs de matières textiles et de produits de l'habillement commencent à engager leur responsabilité sur la production et le traitement de fin de vie de leurs produits. Le Pacte vert européen cherche à encadrer, homogénéiser et améliorer ces initiatives.



## PANORAMA DES DONNÉES

### L'industrie textile est en pleine croissance, suivie par son cortège de déchets

Après la pandémie de Covid-19, le marché des fibres textiles est remonté en 2021. La production mondiale de fibres textiles a atteint 113 millions de tonnes cette année-là (FIG. 1) – 111 Mt en 2019, 109 Mt en 2020<sup>1</sup>. La consommation mondiale de fibre par habitant est passée de 8 kg/hb en 2008 à 14 kg en 2021.

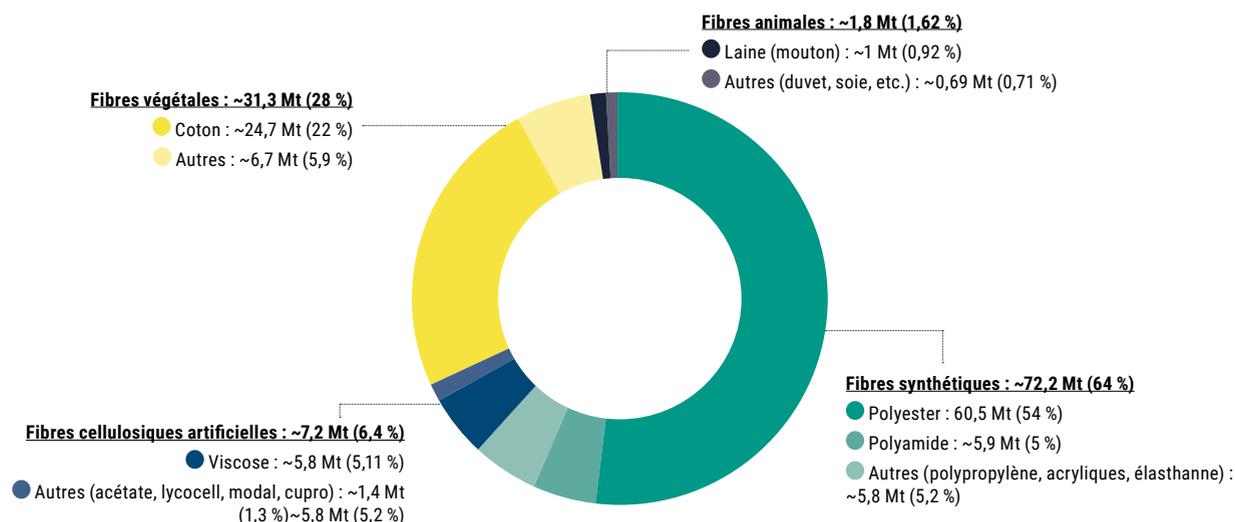
Les matières recyclées comptent pour 8,5 % du marché mondial des fibres textiles, en lente progression depuis 2016 : 6,89 %

en 2016, 8,13 % en 2020 (FIG. 2). Selon Textile Exchange — un organisme qui fédère l'industrie du textile autour de l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 45 % en 2030 — ces indicateurs démontrent que la croissance du secteur textile repose sur la production de matière première vierge, éloignant l'industrie de ses objectifs d'économie circulaire, et donc de la réduction des émissions de GES<sup>2</sup> du secteur. La chaîne de valeur d'un vêtement comporte plusieurs étapes, qui peuvent se situer dans différents lieux géographiques. Le vêtement commence sous forme de fibre, qui est ensuite transformée en fil, puis tissée en tissu et enfin cousue. Durant la période 2019-2020, la baisse des chiffres d'affaires de l'industrie textile (-9,2 %) et de l'habillement (18,1 %) en Europe causée par la pandémie de Covid-19 a souligné les tensions liées à l'approvisionnement en matières premières et à la localisation des procédés de transformation<sup>3</sup>.

FIGURE 1

### PRODUCTION MONDIALE DES FIBRES TEXTILES EN 2021 (MT)

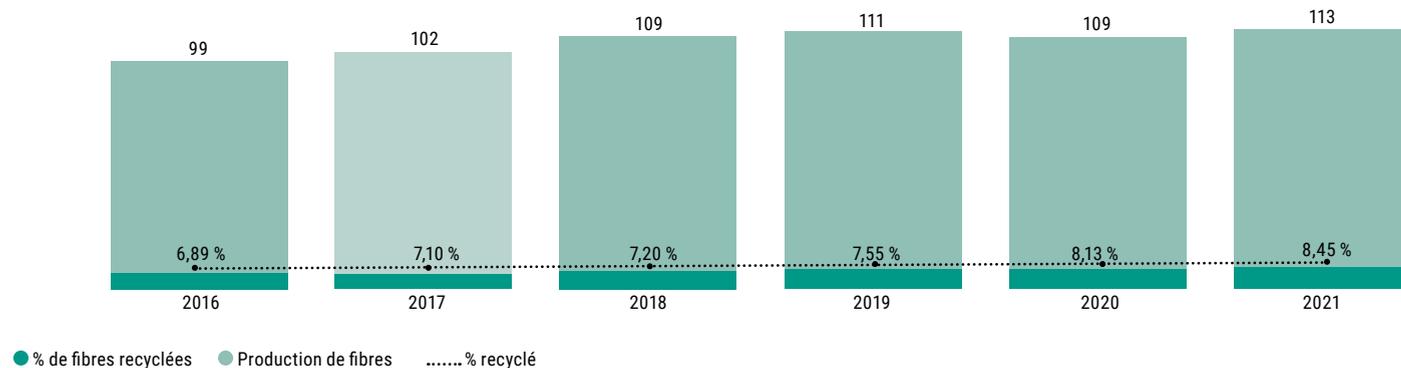
Source : [Textile Exchange](#), 2022



**FIGURE 2**

**PRODUCTION MONDIALE DES FIBRES TEXTILES, AVEC LA PART (%) DES FIBRES PRODUITES À PARTIR DE MATIÈRES RECYCLÉES ENTRE 2016 ET 2021**

Source : *Textile Exchange*, 2022



En 2020, la Chine occupait la première place des pays exportateurs de matières textiles (43,5 % du marché, soit un total de 296 milliards de dollars), devant l'Union européenne (18,1 %) et l'Inde (4,2 %). L'UE était le premier marché d'importation (24,3 %), devant les États-Unis (12,6 %) et le Vietnam (4,4 %).

Plus spécifiquement, les principaux importateurs de vêtements fabriqués étaient l'UE (34,1 %), suivie par les États-Unis (16,8 %) et le Japon (5,3 %), pour une valeur globale de 415 Md\$. Là aussi la Chine s'affirme comme le premier pays d'exportation (31,6 %), devant l'UE (27,9 %) et le Vietnam (6,4 %)⁴, pour un marché total de 386 Md\$.

La Chine et l'Union européenne, les deux principaux marchés textile et vestimentaire, ont présenté de nouvelles stratégies en 2020 afin d'améliorer la circularité du secteur. Dans le cadre de son plan de réduction des émissions pour atteindre la neutralité carbone en 2060, la Chine a publié en avril 2022 ses objectifs pour le secteur textile : atteindre un taux de recyclage de 25 % en 2025, puis de 30 % en 2030 et augmenter sa production de textile recyclé de 2 Mt en 2025. Le gouvernement indique également dans son plan souhaiter promouvoir le recyclage, l'utilisation de normes d'éco-conception, la mise en place de labels pour améliorer le tri et encourager la mise en place de systèmes de gestion de responsabilité sociale.

De son côté, la Commission européenne a présenté en mars 2022 sa stratégie⁵ pour des textiles durables et circulaires, dans le cadre du Pacte vert européen (*European Green Deal*) pour définir son approche sur le cycle de vie, l'éco-conception et la mise en place de systèmes de responsabilité élargie des producteurs (REP)⁶. En 2018, le Centre commun de recherche européen (*Joint Research Center, JRC*) a publié une analyse⁷ sur les flux de textiles dans le but de préparer des collectes obligatoires de textiles usagés pour 2025. D'après l'analyse, l'industrie du textile et de l'habillement représente plus de 160 000 entreprises et environ 1,5 M de salariés, pour un chiffre d'affaires de plus de 162 Md\$.

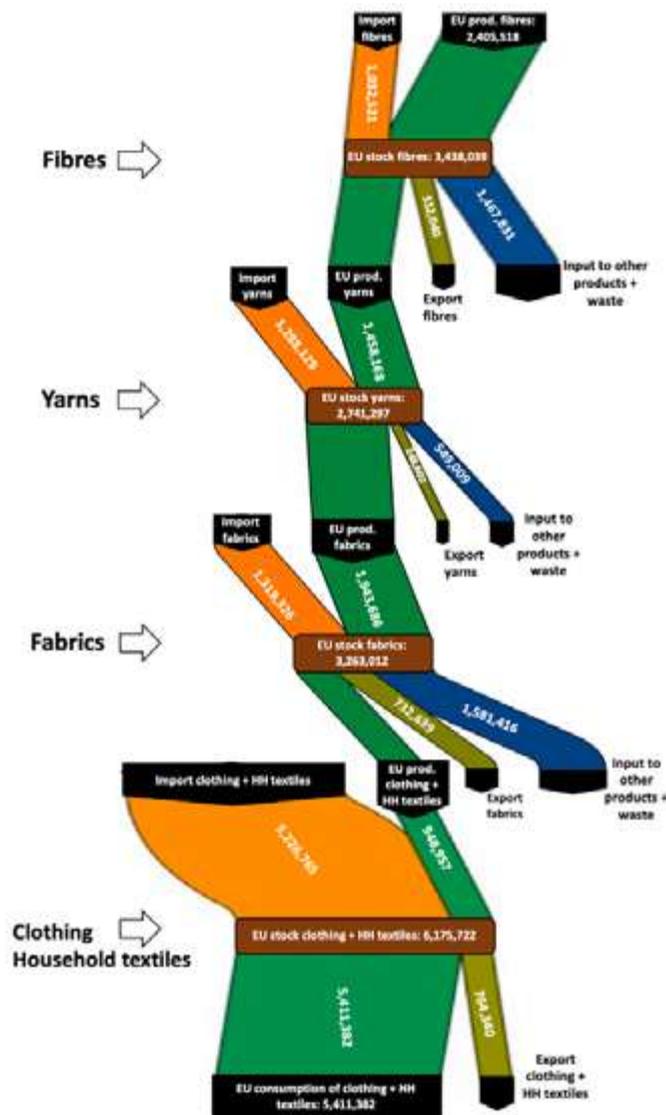
En 2018, la consommation de produits textiles par personne dans l'UE était de 12,3 kg par an, dont 81 % de vêtements et le reste en textiles ménagers. Le marché du textile se compose des fibres, des fils et des tissus, dont le volume d'importation et de production à l'intérieur de l'UE en 2018 était respectivement de 3,4 millions de tonnes, dont 30 % importées, 2,7 millions de tonnes dont 44 % importées et de 3,2 millions de tonnes dont 40 % importées (FIG. 3). Le marché du textile en 2018 représentait 6,1 millions de tonnes de produits finis stockés dont 85 % importés. 88 % de ces produits finis (vêtements et textiles ménagers) étaient consommés dans l'UE. L'étude du JRC estime que moins de 38 % de ces produits finis (vêtements et textiles ménagers) étaient collectés pour être revalorisés (vendus sur le marché de seconde main) ou recyclés⁸.

L'Europe en générant 7 millions de tonnes en 2020, soit 15 kg/hab./an 85 % de ces déchets sont des vêtements et des produits textiles ménagers. Pourtant, seuls 38 % sont collectés pour être triés, revalorisés ou recyclés (environ 10 %)⁹. Avec une industrie des fibres et textiles en plein essor, et même bien positionnée pour une forte reprise post-crise¹⁰, l'enjeu est d'envisager un modèle économique capable de réduire la génération des déchets.

**FIGURE 3**

**FLUX DES MATIÈRES TEXTILES DANS L'UE EN 2018**

Source : [Commission européenne, 2021](#)



— la conception, la vente, l'utilisation et la réutilisation<sup>11</sup>. Les points clés de cette stratégie sont :

- L'écoconception des produits : favoriser la qualité pour augmenter leur durabilité, faciliter la réparation et le recyclage, et introduire davantage de matière recyclée ;
- Le passeport digital du produit : mieux informer les consommateurs sur la composition, l'entretien et la fin de vie du produit ;
- La lutte contre l'écoblanchiment (*greenwashing*) : garantir l'écoconception des produits via des labels reconnus et les autorités publiques ;
- Réduire la production et la consommation des produits textiles et lutter contre la destruction des invendus ;
- La responsabilité élargie des producteurs (REP) comme moteur d'une économie pour la collecte, le tri, réutilisation et élimination des textiles usagés ;
- Réduire la quantité des microplastiques des textiles synthétiques dans les milieux aquatiques ;
- Le contrôle de l'exportation des déchets textiles : l'exportation des textiles usagés vers les pays non-membres de l'OCDE ne sera autorisée qu'à destination des pays alignés sur la technologie et les objectifs de l'UE pour le traitement de ces déchets ;
- Encourager la création d'entreprises spécialisées dans la réutilisation et la réparation des produits ;
- Coordonner la mise en place de la stratégie avec les entreprises et les pays membres de l'UE<sup>12</sup>.

80 % des impacts environnementaux d'un produit a lieu lors du processus de conception : les normes d'éco-conception permettraient donc d'éviter la plupart des impacts environnementaux ainsi qu'une grande partie du volume des déchets produits durant cette phase. En effet, penser dès la phase de conception le caractère durable, réparable, réutilisable et la possibilité du recyclage d'un vêtement est une condition *sine qua non* pour diminuer son empreinte environnementale sur l'ensemble de son cycle de vie<sup>13</sup>.

Au sein de l'UE, 62 % des textiles collectés ne sont pas revalorisés ou recyclés, en raison de l'inadaptation des services de tri et des technologies de recyclage aux produits textiles usagés. Les systèmes existants de collecte séparée en Europe sont tous volontaires, et très sélectifs afin de ne récupérer que les vêtements « valorisables » ou réutilisables<sup>14</sup>. La majorité des fibres qui composent les vêtements sont le coton, le polyester ou des mélanges d'élasthanne. Le polyester ou l'élasthanne sont des agents polluants et rendent le recyclage ou la revalorisation presque impossible, notamment en raison de leurs compositions chimiques et complexes<sup>15</sup>.

L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

**En Europe, les textiles usagés en quête d'une seconde vie**

**La nouvelle stratégie de l'UE pour une économie circulaire du marché textile**

À l'horizon 2030, le Pacte vert européen prévoit d'augmenter la durée de vie des produits textiles, ainsi que leur taux de recyclage, la part des matières recyclées dans les nouvelles productions et le renforcement des normes concernant les substances dangereuses, pour être en conformité avec les droits sociaux en vigueur. La stratégie européenne définit aussi le rôle des producteurs et rappelle leur responsabilité vis-à-vis de l'ensemble de la chaîne de valeur des produits



## Les REP, pierre angulaire de la filière textile européenne

Les programmes de responsabilité élargie des producteurs (REP) répondent au principe du pollueur-payeur. Elles jouent un rôle primordial dans la stratégie de l'UE pour les textiles durables et circulaires, en facilitant le développement des circuits circulaires pour la collecte, la valorisation, le recyclage et le dépôt des textiles usagés en fin de vie. En effet, la révision prévue en 2023 à la directive-cadre révisée de l'UE sur les déchets impose aux États membres de mettre en place un système uni de REP des textiles d'ici 2025<sup>16</sup>. Cette mesure consiste à impliquer les producteurs des produits textiles et de prêt à porter dans la gestion de leur fin de vie. Les REP peuvent prendre deux formes. Dans le cadre des REP « financières », les entreprises qui mettent sur le marché des produits apportent une cotisation financière auprès d'un éco-organisme, une société de droit privée en charge de la prévention et de la gestion des déchets. Ces participations sont basées sur une logique d'éco-modulation : autrement dit, elles sont calculées en fonction des matières utilisées dans un produit et des principes d'économie circulaire (durabilité, réparabilité, réemploi, recyclabilité)<sup>17</sup>. Dans les REP dites « opérationnelles », les agences utilisent les fonds pour gérer directement les déchets avec des prestataires qui assurent la collecte, le transport, le tri et le traitement des déchets.

Les programmes de REP actuellement mis en place dans l'UE consistent surtout en des objectifs imposés de collecte de textiles usagés à l'horizon 2025. La majorité des programmes sont développés dans des pays comme les Pays-Bas, la Suède et le Danemark. Ces derniers ont déjà mis en place des actions de collectes, de tri, de valorisation, de recyclage et de destruction finale des textiles usagés et s'apprêtent à mettre en place des lois pour aligner les programmes REP existants avec les lignes directrices de la Commission européenne. La France est le seul pays à avoir mis en place une loi encadrant la REP du secteur textile, dès 2007. En 2019, le taux de collecte des déchets textiles était de 38 % en France, 45 % aux Pays-Bas, 19 % en Suède et 43 % au Danemark.

Bien que le taux de collecte de la France ne soit pas le plus important, la filière française est reconnue pour avoir particulièrement fédéré les acteurs du marché textile, en améliorant et en harmonisant les flux de collecte, de tri, de valorisation et de recyclage. La mise en place du programme a permis au système français d'être moins confronté à des problèmes présents dans les autres pays : par exemple, lorsque la qualité des tissus collectés est trop faible, leur valorisation ou leur réutilisation peut être impossible. De plus, il est parfois difficile d'avoir une homogénéité des matières collectées, qui permettrait de mieux les trier et donc de mieux les recycler. Par conséquent, certains tissus qui auraient pu être recyclés sont éliminés par incinération, car mélangés. Le système français a créé un modèle avec une mise en place des points de collectes proches des consommateurs, améliorant le taux et flux de collecte, et canalisant des investissements vers les solutions d'économie circulaire concernant les textiles usagés, permettant à l'industrie d'innover (CF. PLUS BAS)<sup>18</sup>.

## ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

### TYPES DE RECYCLAGE DANS LE SECTEUR TEXTILE

Une fois utilisées, les matières textiles peuvent être recyclées pour la fabrication des nouveaux textiles (« boucle fermée ») ou, pour d'autres matières comme les plastiques, la fabrication d'autres produits non-tissés ou pour la production d'énergie (« boucle ouverte »). Une autre distinction peut également être faite en fonction de la manière dont les déchets sont finalement utilisés : *upcycling* (valoriser des produits usagés en leur donnant une nouvelle vie plus qualitative sans détruire la matière première<sup>19</sup>) ou *downcycling* (recycler d'une façon telle le produit recyclé possède moins de valeur que le produit initial<sup>20</sup>).

Les méthodes de recyclage des textiles, en fonction du procédé technique utilisé, se divisent en trois catégories<sup>21</sup> :

- Chimique : Les fibres textiles, constituées de polymères naturels (lin, latex, coton, etc.) ou synthétiques (PET, acrylique, etc.), sont dissoutes afin de séparer les monomères<sup>a</sup> de la fibre. Ce procédé permet de créer un nouveau polymère recyclé, avec les mêmes propriétés qu'un polymère vierge.

- Mécanique : Les textiles usagés subissent d'abord un procédé de défilage (démantèlement des vêtements visant à supprimer les boutons, fermetures éclair, etc.), puis sont recyclés mécaniquement soit via le broyage, l'effilochage (transformation des textiles en fibres longues en les passant à travers d'une effilocheuse), le découpage ou le défibrage. Après cette étape, les fibres sont mélangées avec d'autres matières afin de rendre un nouveau produit.

- Physique : La séparation physique des textiles polyfibres utilise la densité différente de chaque matière pour les séparer. Elle sert par exemple pour des mélanges de coton-PET, coton-élasthane, etc.

Chacun de ces processus comportant plusieurs étapes, leurs impacts environnementaux sont différents. Si la plupart des publications scientifiques soulignent les avantages environnementaux potentiels du recyclage des textiles, elles convergent également pour indiquer que la réutilisation s'avère plus bénéfique que le recyclage. Il existe toutefois des exceptions : dans le cas de la réutilisation, les avantages environnementaux peuvent être réduits si la distance de transport est plus longue. Dans le cas du recyclage, si le processus impliqué est alimenté par des combustibles fossiles ou est moins efficace sur le plan énergétique, l'impact sur le climat est plus important<sup>22</sup>.

### En France : une filière structurée autour de la REP et animée par la société civile

En 2007, la loi française instaurant une filière REP relative aux textiles — textiles d'habillement, linges de maison et chaussures destinés aux ménages — cherchait à résoudre le problème posé par les textiles usagés dont la quantité s'élevait à 600 000 tonnes par an, soit 10 kg par an par habitant. La loi a permis d'augmenter les déchets collectés de 100 000 t en 2009 à 239 000 t en 2018. L'objectif pour la fin de l'année 2022 est de collecter environ 300 000 t de déchets par an. Une

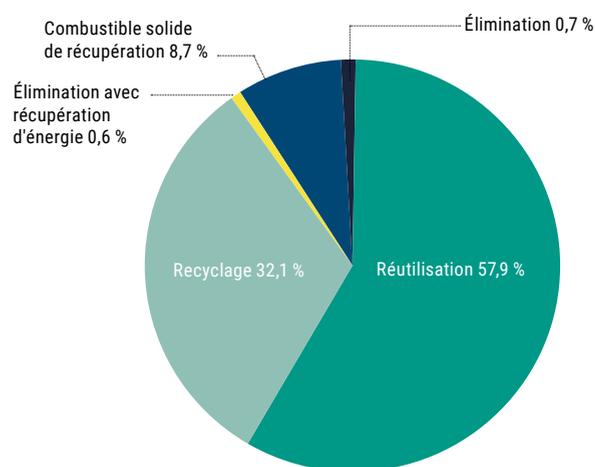
<sup>a</sup> Monomère : composé par molécules simples, capable de former des polymères

fois triés, les déchets collectés sont majoritairement réutilisés (57,9 %) ou recyclés (32,1 %) (FIG. 4).

**FIGURE 4**

**FIN DE VIE DES DÉCHETS TEXTILES COLLECTÉS EN FRANCE PAR AN**

Source : *ReFashion*, 2021



La collecte, le tri et la valorisation sont au cœur de la démarche de la filière REP textile en France. Celle-ci est pilotée par l'éco-organisme ReFashion, une société de droit privée pour organiser la prise en charge de la fin de vie des équipements mis sur le marché par les entreprises. Depuis sa création, la filière dispose de 44 829 points d'apport volontaire (PAV) où les citoyens peuvent aller déposer leurs déchets textiles. Il y a plus de 50 % des PAV sous forme des conteneurs dans l'espace public et au moins 10 % dans l'espace privé. En 2021, les PAV ont pu récupérer 244 448 tonnes des déchets (3,6 kg/hab./an<sup>23</sup>). Ces déchets sont ensuite acheminés vers les centres de tri.

En 2021, la filière REP ReFashion comptait 66 centres de tri conventionnés, dont 51 en France et 15 ailleurs en Europe. En 2021, après la pandémie du Covid-19, le tri des produits textiles a augmenté de 22 % (190 000 t). Dans les centres de tri, les opérateurs séparent les textiles et les chaussures réutilisables pour une revalorisation et les non-réutilisables pour d'autres activités comme le recyclage, combustible solide de récupération (CSR) et l'élimination.

La réutilisation représente environ 57 % du traitement des déchets textiles collectés en France selon le rapport de ReFashion (FIG. 4). La filière a constaté une réduction du pourcentage des déchets textiles réutilisables par rapport à 2014 (64 %). La filière indique que cette réduction est due à la faible qualité et durabilité des produits mis sur le marché, rendant la revente ou la reprise plus compliquées. La réutilisation et la valorisation désignent les marchés du vêtement d'occasion en France ou à l'étranger (37 % des produits réutilisables sont exportés en Afrique sous le code douanier « friperie »)<sup>24</sup>.

Dans l'idée d'éclaircir le paysage des acteurs du marché du recyclage, ReFashion lance Recycle, une plateforme en ligne qui permet de connecter les entreprises de recyclage et les producteurs au niveau européen<sup>25</sup>. Cet outil compte 245 acteurs, dont 75 % sont français et 25 % sont européens. Les acteurs proviennent d'industries diverses (textile, bâtiment, plasturgie, automobile, etc.), permettant d'élargir les débouchés des matières à recycler ou recyclées. Parmi les entreprises recensées par le site web de ReFashion, on trouve 40 % de fournisseurs de matières textiles et de chaussures et 60% de transformateurs proposant des produits semi-finis pour d'autres industries<sup>26</sup>.

Afin de favoriser les circuits courts et locaux pour le marché des fibres recyclées, le projet FIREX a été lancé en juillet 2022 avec un budget de 14 M€. Il vise à récupérer les vêtements professionnels et les déchets de leur production (20 000 t par an) afin de les recycler mécaniquement. Les produits issus du projet ont pour objectif de répondre à la demande des matières premières recyclées dans l'industrie textile. Les auteurs du projet sont Synergies TLC, Tissages de Charlieu (LTC), TDV Industries, Mapea et le Centre européen des textiles innovants (CETI). Les partenaires doivent s'assurer de la mise en place des systèmes de collecte, du délissage (démantèlement des vêtements afin de retirer les boutons, rivets, etc.), du tri automatisé, des activités d'effilochage et de filature, et de la confection des tissus, des vêtements et des accessoires<sup>27</sup>.

En 2017, l'Association Emmaüs<sup>b</sup> alertait sur les difficultés du recyclage de vêtements collectés, à la suite de l'augmentation de la quantité à traiter après la mise en place de la REP par ReFashion. En raison des difficultés rencontrées pour la valorisation des déchets, le projet Ouatéco est né pour financer un procédé de recyclage pour les textiles usagés non réutilisés. En 2021, Ouatéco a mis en place une ligne industrielle de délissage et d'effilochage des textiles usagés, afin de fabriquer des isolants thermiques. Le projet devrait permettre de valoriser environ 1 000 t de déchets par an dans un premier temps<sup>28</sup>.

Le projet CE-PET, lancé par l'entreprise Carbios, a débuté en 2018 dans le but d'améliorer le recyclage chimique des déchets textiles et ceux composés de PET, grâce à une enzyme capable de faciliter leur traitement. Pour l'instant, quand l'enzyme utilisée libère les monomères du PET elle ne distingue pas les couleurs, les sources, les textiles et les mélanges de matières. Le but de ce projet est de proposer aux industriels des produits en PET recyclés et recyclables à l'infini, même s'il existe des limites comme la qualité des fibres plastiques qui empêchent parfois leur recyclage. Dans le cadre du projet, les acteurs à intégrer sont les collecteurs de déchets en amont, les entreprises productrices et qui mettent sur le marché les produits en PET<sup>29</sup>.

b Emmaüs : association française créée pour une action sociale et solidaire, aide à la récupération et à la remise en valeur des objets donnés ou jetés.



Quant à la réutilisation, les ventes au sein du marché de seconde main de l'habillement ont augmenté de 140 % en 2021 par rapport aux ventes de 2019. Les grandes marques comme Vepee, Zalando, Aigle, Kiabi possèdent des sites web dédiés à la vente de seconde main et certaines plateformes dématérialisées s'en sont fait les championnes, comme Vinted, Leboncoin et Vestiaire Collective. Vinted, comptant 16 millions d'utilisateurs français<sup>30</sup>, est le deuxième site d'e-commerce le plus fréquenté par les consommateurs français. Certains grands distributeurs comme Printemps ou Galeries Lafayette, de leur côté, ont dédié des espaces de réparation et vente de seconde main<sup>31</sup>. Des acteurs indépendants ont lancé d'autres applications afin de répertorier les points de vente de seconde main (friperies) en France, comme Unique, qui indique à l'utilisateur les friperies autour de lui<sup>32</sup>. Encore plus loin, *l'upcycling* s'installe dans les marchés de la mode avec deux marketplace spécialisés, Revibe et Reiner Upcycling, où les créateurs mettent en ligne ses créations<sup>33,34</sup>.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Dans un contexte mondial d'urgence pour la gestion des textiles usagés, la progression de la législation et de la mise en place d'initiatives pour rendre la chaîne de valeur du textile circulaire et durable prend forme, notamment en Chine et surtout en Europe. L'Union européenne a fait un pas important en dévoilant sa stratégie d'économie circulaire pour l'industrie textile et de l'habillement pour 2030, visant à mieux produire, à mieux recycler et à moins jeter les produits textiles. Cette stratégie encourage la recherche de nouvelles technologies de recyclage. En parallèle, la vente et l'achat de vêtements d'occasions fait des progrès importants auprès des utilisateurs, représentant à la fois l'augmentation de l'offre et d'alternatives et un changement de pratiques. Néanmoins, la vente de vêtements de seconde main ne peut pas à elle seule résoudre le problème des vêtements et des textiles usagés, la recherche et l'innovation dans le secteur de recyclage mécanique et chimique des textiles tentent de renforcer les performances des filières.**



## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 Textile Exchange (2021). [Preferred Fiber & Materials Market Report 2021](#). *Textile Exchange*
- 2 Textile Exchange (2022). [Preferred Fiber & Materials Market Report Foreword](#). *Textile Exchange*
- 3 European Commission (2022). [EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles](#). *European Commission*
- 4 Fashion United (2022). [Global Fashion Industry Statistics](#). *Fashion United*
- 5 European Commission (n.d.). [A European Green Deal](#). *European Commission*
- 6 Development and reform commission, Ministry of Commerce & Ministry of industry and information technology (31/03/2022). [Implementation Opinions on Accelerating the Recycling of Used Textiles](#). *State Council Policy Document Library*
- 7 Köhler, A., Watson, D., Trzepacz, S., Löw, C., Liu, R., & Danneck, J. (2021). [Circular economy perspectives in the EU Textile sector Final report](#). *European Commission*
- 8 *Ibid.*
- 9 McKinsey & Company (14/07/2022). [Scaling textile recycling in Europe-turning waste into value](#). *McKinsey & Company*
- 10 Duthoit, A. (22/07/2020). [Bruised but not beaten, Europe's textile industry us a perfect candidate for a greener and digital recovery](#). *Allianz Trade*
- 11 European Commission (2022). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles, op. cit.*
- 12 European Commission (2022). [Sustainable and Circular Textiles by 2030](#). *European Commission*
- 13 European Commission (2022). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles, op. cit.*
- 14 Boiten, V. (2022). [Ellen MacArthur Foundation perspective on EPR for textiles | Shared by Fashion](#). *Ellen MacArthur Foundation*
- 15 Ecos (2021). [How ecodesign can make our textiles circular](#). *Ecos*
- 16 European Commission (2022). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles, op. cit*
- 17 Boiten, V. (2022). [Ellen MacArthur Foundation perspective on EPR for textiles | Shared by Fashion](#). *Ellen MacArthur Foundation*
- 18 Christiansen, A. et al. (2021). [Extended producer responsibility in the Danish textile sector](#). *TekstileRevolutionen*
- 19 CCI (n.d.). [L'upcycling, c'est quoi ?](#). *Chambre de Commerce et d'Industrie*
- 20 Merriam-Webster (n.d.). [Downcycle Definition & Meaning](#). *meriam-webster.com*
- 21 Techniques de l'ingénieur (n.d.). [Recyclage dans le secteur textile](#). *Techniques de l'ingénieur*
- 22 Sandin, G., Peters, G. M. (2018). [Environmental impact of textile reuse and recycling – A review](#). *Journal of Cleaner Production*, vol. 184, pp. 353-365
- 23 ReFashion (2021). [Ré\\_ générer les matières](#). *ReFashion*
- 24 *Ibid.*
- 25 <https://recycle.refashion.fr/>
- 26 *Ibid.*
- 27 Ademe (2022). [Mise en place d'une filière complète de valorisation des déchets textiles en fin de vie](#). *Ademe*
- 28 Ademe (2021). [Projet Ouateco](#). *Ademe*
- 29 Ademe (1991). [Recycler à l'infini tous les matériaux PET](#). *Ademe*
- 30 Dumonteil, P., & BFM TV (20/10/2021). [Les Français achètent toujours plus de vêtements d'occasion](#). *BFM TV*
- 31 Printemps (n.d.). [Rendez-vous au 7ème ciel !](#). *Printemps* (site consulté le 2 novembre 2022)
- 32 DMB (n.d.). [Unique Appli : le nouveau guide friperie](#). *Digital Marketing and Business* (site consulté le 2 novembre 2022)
- 33 Reiner Upcycling (n.d.). [Regenerated fashion marketplace](#). *Reiner Upcycling* (site consulté le 2 novembre 2022)
- 34 Revibe (n.d.). [The upcycling marketplace](#). *Revibe* (site consulté le 2 novembre 2022)



**TOUR DU MONDE DES INITIATIVES,  
DES CHANGEMENTS DE RÉGLEMENTATION  
ET DES TRANSFORMATIONS DE MARCHÉ  
QUI PRÉFIGURENT AUJOURD'HUI LES  
TENDANCES DE L'ACTION CLIMAT DE DEMAIN**

## États-Unis • La Californie adopte une REP sur les plastiques

Les programmes de responsabilité élargie du producteur (REP), permettant de déplacer la responsabilité de la pollution plastique des consommateurs aux producteurs, se développent timidement aux États-Unis. Le Maine est devenu le premier État à voter un projet de loi en [juillet 2021](#), suivi par [d'autres](#) comme l'[Oregon](#), [New York](#) et la [Californie](#). Ce dernier exige qu'en 2032, certains emballages soient recyclables ou compostables, que les emballages plastiques soient réduits de 25 % et que 65 % des emballages à usage unique soient recyclés. La loi implique la participation des producteurs à un [fonds commun](#) pour couvrir les frais de gestion des déchets. Le monde des associations environnementales est divisé. Certaines craignent qu'il contienne des imprécisions renforçant la marge de manœuvre des entreprises, comme l'utilisation de substances chimiques controversées pour le recyclage ou l'exemption de certains plastiques.

[Inside Climate News, 12/10/2022](#)

## Luxe • 535 000 \$ d'amendes pour le Ritz-Carlton

Six comtés californiens ont poursuivi la chaîne d'hôtel de luxe Ritz-Carlton pour avoir mal géré ses déchets électroniques, de nettoyage et d'autres déchets toxiques et inflammables, depuis au moins 2018. La ville de [Los Angeles](#) s'est jointe à la plainte. La [cour](#) a plaidé en leur faveur, sommant la chaîne hôtelière de payer une amende comptabilisant 400 000 \$ de pénalités civiles, 100 000 \$ pour financer des projets environnementaux en Californie et 35 000 \$ de dépens. Les déchets dangereux auraient été déversés directement dans les décharges locales au lieu d'avoir fait l'objet d'un tri, comme l'exige la loi pour les déchets dangereux. Bien que les enquêtes n'aient pas conclu que le délit était volontaire, le représentant de la cour [affirme](#) que « *la gestion incorrecte des déchets dangereux est criminelle, peu importe les intentions* ». [Grist, 19/08/2022](#)

## Tri • Cameroun-Rwanda : le tri-sélectif et les poubelles intelligentes font l'unanimité

Des « poubelles intelligentes » ont été installées en novembre 2021 dans le cadre d'un [projet pilote](#) de 100 000 \$ à [Kigali](#), lancé peu après la publication d'un rapport en 2018 qui avaient montré que seuls 36 % des habitants étaient concernés par un service de collecte des déchets. Des capteurs fonctionnant à l'énergie solaire sont installés sur les poubelles pour surveiller le niveau de remplissage et notifier les collecteurs dès qu'elles sont remplies. Elles peuvent être vertes (déchets biodégradables), bleues (matières recyclables comme le plastique et les papiers) ou grises (déchets électroniques). Le projet a été [initié](#) par l'Alliance Smart Africa et le ministère rwandais des TIC et de l'Innovation et vise à être étendu aux villes d'Afrique subsaharienne, pour améliorer les systèmes de gestion d'ordures. Le Cameroun a déjà commencé à étudier les résultats. [Afrik21, 26/08/2022](#)

## Pétrochimie • Le traité onusien contre la pollution plastique contrarie le plan B des compagnies pétrolières

Au Kenya, l'Assemblée des Nations Unies pour l'Environnement (UNEA) s'est accordée en [mars 2022](#) sur une [résolution](#) pour aller vers un traité juridiquement contraignant sur les plastiques, censé décourager leurs productions et favoriser leurs recyclages et les mesures anti-déchets. Les actions qui en découlent constitueraient donc une alternative à la production de plastique, sur laquelle misent les industries pétrolières. Prévoyant une augmentation de la demande de plastique, elles multiplient les [investissements](#) sur la production pétrochimique pour assurer [l'avenir de leurs débouchés](#). La production de plastique est passée de 2 Mt en 1950 à [380 Mt](#) en 2015 ([1,7 GtCO<sub>2</sub>e](#)) et la tendance serait à [l'augmentation](#) de l'utilisation du pétrole pour l'industrie pétrochimique plutôt que pour la production de carburant. Les investissements ont surtout lieu en Afrique, où des signaux contraires apparaissent en parallèle. [34 pays sur 54](#) ont déjà mis en place une législation à propos des plastiques à usage unique.

[Climate Home News, 14/03/2022](#)

## Bâtiment • Eiffage développe sa stratégie pour une économie circulaire des métaux dans le BTP

Le groupe BTP Eiffage a créé sa filiale dédiée à la déconstruction et au recyclage des matériaux en 2021, pour mettre en place un circuit court et optimiser le recyclage des déblais de chantier. Pour améliorer cette initiative, le groupe souhaite faciliter la chaîne de valeur du traitement des déchets, en établissant « *la nature des déblais de chantier et prévoir leur réutilisation* ». C'est la raison d'être du nouveau système Carasol que le groupe a mis au point en 2022 en partenariat avec le Commissariat à l'énergie atomique. Ce dispositif, sous la forme de laboratoires pouvant être installés ponctuellement sur les chantiers, analyse la nature des déblais en 90 minutes, quand la procédure initiale d'analyse paralysait le chantier pendant [plusieurs jours](#). Il est né pour répondre au problème des 45 millions de déblais générés par le chantier du [Grand Paris Express](#). Guillaume Sauvé, président d'Eiffage Génie Civil, affirme que le secteur est capable de recycler 95 % des matériaux lors d'une déconstruction.

[Newsly, 15/07/2022](#)

## Substances toxiques • L'amélioration de REACH encore reportée

La mise à jour du règlement européen REACH sur les substances chimiques, au cœur de la stratégie zéro pollution du [Pacte vert européen](#), a été reportée à 2023. En [2018](#), la Commission avait proposé sa refonte dix ans après son vote initial, après la publication d'un [rapport](#) dressant une efficacité nuancée. S'il souligne des avancées concernant la transparence, il reconnaît l'avertissement de plusieurs associations spécialisées, sur la persistance de ces substances dans les produits courants (les jouets seraient parmi les plus dangereux). Le nouveau cadre viserait donc notamment à faciliter sa mise en œuvre. Dans le contexte de l'Initiative Citoyenne Européenne (ICE) « *Save Bees and Farmers* », au [million](#) de signatures en Europe, son report est particulièrement sujet aux critiques. L'ICE revendiquait « *une suppression progressive de 80 % de l'utilisation des pesticides de synthèse d'ici 2030 et de 100 % d'ici 2035* ».

[Novethic, 20/10/2022](#)

## Asie • Recherches lancées pour recycler des panneaux solaires en Corée du Sud

Une équipe de chercheurs en Corée du Sud a mis au point un procédé pour créer des cellules solaires à haute performance grâce à des panneaux solaires en fin de vie. Le recyclage des panneaux solaires, d'une durée de vie d'environ 20 ans, constitue un enjeu majeur en [Asie](#) où le marché des panneaux solaires connaît la croissance la plus rapide et où les déchets solaires commencent à [s'accumuler](#). Le nouveau procédé permet de recycler les panneaux endommagés et intacts et de récupérer 100 % des composants en verre. 80 % des autres matériaux seraient recyclés en cellules solaires d'une efficacité de production d'environ 20,52 % (pour 15 % en moyenne). Recycler une tonne de panneaux photovoltaïques réduirait de 1,2 t les émissions de GES. Le recyclage des panneaux pose des défis importants, qui peuvent être amenés s'il est pensé dès leur [conception](#) et le choix des matériaux.

[Energy Asia, 24/08/2021](#)

## Plastique • Le navire Plastic Odyssey démarre un tour du monde contre la pollution plastique

Au départ de Marseille le 1<sup>er</sup> octobre, le bateau Plastic Odyssey a commencé une [expédition](#) de trois ans contre la pollution plastique sur trois continents, l'Afrique, l'Amérique du Sud et l'Asie Pacifique. L'objectif est de former près de 300 entrepreneurs au recyclage des plastiques dans 30 villes qui « *croulent le plus sous ces déchets* » par manque d'infrastructures et de ressources. Pour ce faire, l'entreprise Plastic Odyssey a mis au point des machines, qu'elle présentera pendant les escales, pensées pour être simples à répliquer et dont les plans sont disponibles librement. Elles broient le plastique et le traitent jusqu'à le rendre apte à fabriquer d'autres objets comme des meubles, des briques de construction etc. Leur fonctionnement sera présenté avec les déchets collectés durant les escales. Certains d'entre eux seront transformés en carburant pour le bateau : « *Un moteur dédié relié à un groupe électrogène sert de banc d'essai à partir du carburant de pyrolyse* ». L'approche mise aussi sur des discussions et des « villages de solution ».

[Techniques Ingénieur, 05/10/2022](#)

# CAS D'ÉTUDE

## BRÉSIL

São Paulo : un système alimentaire circulaire pour réduire les déchets organiques

## FRANCE

Alsace : vers une production de lithium bas carbone *made in Europe* avec le projet EuGeLi

## JAPON

Kamikatsu : derrière l'objectif zéro déchets, un projet de société





PAYS	RÉGION	ANNÉES	BUDGET	OBJECTIF UE 2021-2023
FRANCE	ALSACE	2019-2021	3,9 M€	40 GWH DE CAPACITÉ DE PRODUCTION DE BATTERIE DE LITHIUM (3 GWH EN 2020)

## Alsace • Vers une production de lithium bas carbone *made in Europe* avec le projet EuGeLi

Depuis 2020, le lithium est entré dans la [liste](#) des « [métaux critiques](#) » établie par l'Union européenne. Si le [risque géologique](#) est peu élevé pour le lithium, il est exposé à des risques économiques, géopolitiques et industriels. Le projet EuGeLi (*European Geothermal Lithium Brine*) propose un modèle d'approvisionnement local en lithium en Europe et peu coûteux en énergie. Eramet Ideas et l'IFP Énergies Nouvelles (IFPEN) ont mis au point un moyen d'extraire le lithium directement des eaux de saumures géothermales à Soultz-sous-Forêt, en Alsace. Le projet pilote a été lancé en janvier 2019 et a connu son premier succès en mai 2021, en créant le premier kilogramme de carbonate de lithium de qualité batterie à partir d'une énergie géothermique en Europe.

### Un projet au cœur de l'Europe

EuGeLi est le résultat d'un partenariat entre Eramet et Électricité de Strasbourg, accompagnés d'un consortium de nombreux acteurs industriels et de la recherche : IFPEN, Chimie Paris Tech, BASF (The Chemical Company), Eifer (European Institute for Energy Research), VITO (Vision on Technology) et Vrije Universiteit Brussel (VUB). Son budget de 3,9 M€ est financé à **85 %** par l'EIT Raw Materials, organisme de l'UE à l'issue d'un [appel à projet](#) lancé en 2019.

Le fossé rhénan, à la frontière entre la France et l'Allemagne, dispose d'importantes ressources géothermiques sur plus de 300 km de long avec un potentiel énergétique d'environ 350 GW par an. Le lithium présent sur ce territoire provient des frottements entre la roche qui en est riche et l'eau sous-terrainne dans laquelle il se retrouve dilué. Ce type de ressource en lithium est jusqu'à maintenant peu exploitée car les quantités présentes dans les sous-sols alsaciens restent bien inférieures à celles des principales réserves comme le « Triangle du Lithium » en Amérique latine. Les saumures géothermales ne représentent qu'1 % des ressources en lithium, mais le développement de ces gisements locaux non conventionnels constituent un enjeu stratégique. Les dizaines de projets d'usines de production

de batteries développés dans la région restent dépendants des importations de lithium en provenance d'Amérique latine, d'Australie ou encore de Chine.

La demande en batteries électriques, dont le lithium est un élément principal, est en effet amenée à croître, tant parce que leur coût d'opportunité augmente grâce à des coûts d'usage de plus en plus [compétitifs](#), qu'en raison de mesures européennes comme les [normes d'émissions](#) votées en 2019 ou l'interdiction de la vente des moteurs thermiques à partir de 2035 en juin 2022.

### Extraire le lithium de l'eau géothermale sans l'évaporer

L'extraction du lithium passe soit par une extraction minière, au lourd impact environnemental, soit par l'évaporation des eaux géothermales. Cette dernière constitue une perte indirecte d'énergie, car les conditions particulières de ces eaux permettent aux centrales géothermiques de les transformer en énergie électrique. L'objectif de ce projet est d'extraire le lithium dilué dans l'eau sous-terrainne sans passer par l'évaporation et ainsi permettre de réinjecter l'eau vers les couches sous-terrainnes et la centrale géothermique.

Pour y parvenir, l'IFPEN et Eramet ont mis au point un [matériau solide cristallisé](#), sous

forme de granulés, qui extrait comme une éponge le lithium de manière sélective. L'eau géothermale traverse un tube qui contient le matériau et en ressort prélevée du minerai. Il est ensuite rincé à l'eau pour récupérer le lithium et en faire la solution qui sera filtrée et évaporée pour parvenir au carbonate de lithium utilisé par les assembleurs de batteries. Ce procédé avait déjà été expérimenté en [Argentine](#) pour extraire le lithium d'un salar. Le défi ici était d'adapter ce procédé à la température et à la pression des saumures géothermales alsaciennes, respectivement de 80 °C et de 20 bars. Le succès du projet pilote EuGeLi a donc été de parvenir à utiliser ce procédé dans les conditions d'une eau géothermale et de récupérer 90 % du lithium, quand la méthode de l'évaporation en collecte seulement 40 à 50 %. Le procédé d'extraction ne [relâche pas de CO<sub>2</sub>](#) et les opérations de traitement du lithium sont peu énergivores. L'énergie utilisée pour le pompage de l'eau représente, avec les pertes, environ [un quart](#) de l'électricité totale produite par la centrale. Le procédé d'extraction du lithium permet d'optimiser cette énergie.



PAYS	VILLE	POPULATION	AUX DE RECYCLAGE ET DE RÉUTILISATION	PRODUCTION NATIONALE DE DÉCHETS
JAPON	KAMIKATSU	1 457 (2020)	80 % (20 % AU NIVEAU NATIONAL)	41 670 000 T (2020 ; -2,5 % PAR RAPPORT À 2019)

## Kamikatsu • Derrière l'objectif zéro déchets, un projet de société

La production de déchets par habitant au Japon compte parmi les plus faibles de l'[OCDE](#), mais le taux de recyclage (20 % en 2020) y est en dessous de la moyenne. À cet égard, la municipalité de Kamikatsu, qui recycle ou réutilise **80 %** de ses déchets, fait office de modèle. Ce résultat est le fruit d'une déclaration pionnière en **2003**, quand la ville s'est engagée à atteindre le « zéro déchet » en 2020, en se concentrant d'abord sur l'amélioration du recyclage avant d'insister plus récemment sur la prévention afin de réduire en amont leur production. La réussite de son centre de tri repose sur l'intégration de la communauté au projet. La « [Zero Waste Town](#) » permet également de rendre la ville plus attractive pour des populations plus jeunes.

### Un projet municipal inscrit dans une démarche nationale

En raison de l'exiguïté de ses frontières, le Japon a vite été confronté aux limites de la capacité de ses décharges. La « [loi fondamentale](#) » de 2001 repose sur le principe des 3R : Réduire, Réutiliser, Recycler. Elle vise entre autres à réduire les déchets ménagers de 25 % et les déchets d'entreprises de 35 % en 2020. Kamikatsu a fermé ses deux incinérateurs en 2000, à l'issue de [nouvelles](#) mesures de contrôle et, avec l'aide de l'ONG Zero Waste Academy, elle a fait le pari du recyclage et, à terme, du zéro déchet. L'initiative portée en 2003 par la ville a été facilitée par la décentralisation de la gestion des déchets en [1997](#). En 2004, la ville a mis en place un [fonds](#) dédié au projet et nommé, en 2014, des « avocats du zéro déchet » pour enrichir le volet prévention.

En plus du tri, le [projet](#) promeut en effet la prévention des déchets, dont la production ne cesse malgré tout [d'augmenter](#) : de 283 tonnes en 2018 à 302 en 2019. Le volet prévention fait écho à l'objectif de la loi de 2001 : mettre en place une société respectueuse du cycle des matériaux ([SMCS](#)). Le bâtiment du centre de tri contient donc aussi un centre de sensibilisation et d'apprentissage, un laboratoire collaboratif et l'hôtel WHY. Les habitants de la ville et des alentours y doivent trier leurs déchets selon [45 catégories](#) – le reste étant encore

acheminé vers un incinérateur. Bien que les contraintes associées au recyclage – le déplacement jusqu'au centre de tri, le nettoyage des déchets en amont, les nombreuses catégories de tri – aient généré quelques plaintes, elles participent à l'adoption de nouvelles habitudes : moins un habitant génère de déchets, moins il doit se rendre au centre de tri.

En parallèle, la Zero Waste Academy a encouragé des industriels et des fabricants au recyclage et les a sensibilisés aux décharges illégales. De manière incitative, elle accrédite également certains commerces qui respectent les objectifs de la « [Zero Waste Map](#) ».

### Considérer les déchets comme des ressources

Les résultats de la ville de Kamikatsu reposent en outre sur une économie circulaire, complétant les actions de recyclage. Au niveau mondial, seuls **9 %** des plastiques et **13,5 % des déchets solides** sont recyclés. Diverses actions ont donc été entreprises pour limiter la quantité de déchets à traiter. La ville a mis au point le [système de points Chiritsumo](#), cumulables en fonction des déchets triés et échangeables contre des produits « écologiques de première nécessité ».

Cette initiative municipale infuse dans les commerces locaux. La boutique et l'atelier Kuru-Kuru ont été fondés en 2006 et

2007 pour promouvoir la seconde-vie de certains objets qui sont déposés par les habitants et redistribués gratuitement. La Rise & Wine Company, de son côté, réutilise des grains déformés pour brasser deux types de bières, et depuis 2021 elle transforme les grains non utilisés en engrais liquide pour les agriculteurs, qui s'en servent pour faire pousser l'orge utilisé pour les bières. L'hôtel WHY promeut une politique « anti-gaspi », en particulier au niveau de son restaurant et le Café Polestar ne propose qu'un seul choix de repas pour éviter les déchets. L'architecture de l'hôtel et du magasin sont constituées de matériaux recyclés et de récupération. L'habitude du suremballage reste néanmoins difficile à éradiquer.



PAYS	VILLE	POPULATION	ÉMISSIONS EN 2017
BRÉSIL	SÃO PAULO	22 429 800	15,42 MTCO <sub>2</sub> E (SCOPES 1 & 2)

## São Paulo • Un système alimentaire circulaire pour réduire les déchets organiques

Ville la plus peuplée du Brésil, São Paulo produit chaque année environ [100 000 tonnes](#) de déchets organiques provenant de ses centaines de marchés de rue, et presque 100 000 tonnes provenant de l'élagage des arbres et des plantes, en plus des déchets organiques ménagers. Le secteur des déchets représentait [8 %](#) des émissions de la ville en 2017. Pour répondre à ce problème, la ville a adopté diverses stratégies pour [détourner](#) ces déchets organiques des décharges, notamment vers des parcs de [compostage décentralisés](#), et leur intégration dans le programme d'agriculture circulaire primé de la ville « [Connect the dots](#) ».

La stratégie de São Paulo pour traiter les déchets organiques a commencé par l'idée de les détourner des décharges, où ils étaient envoyés en quasi-totalité avant le lancement de ses activités de compostage, où elle entraînait des émissions de méthane, et l'infiltration de toxines liquides contaminant les zones voisines. La stratégie de détournement comporte [quatre volets](#) principaux : la collecte et le transport séparés des déchets organiques, le traitement et le recyclage de ces déchets, la communication sur les déchets organiques, et le déploiement d'instruments économiques pour inciter au détournement et au traitement des déchets organiques, tels que les redevances de mise en décharge. Cette stratégie a été élaborée en collaboration avec la [Climate and Clean Air Coalition](#) et l'[International Solid Waste Association](#).

### La politique des marchés et des jardins durables

La [politique des marchés et jardins durables](#) a été lancée en 2015, afin de lutter contre ce problème en compostant ces déchets organiques – y compris les déchets de produits des marchés de rue et les déchets d'élagage, notamment les troncs d'arbres, les branches, les feuilles et l'herbe. Ces deux types de déchets sont facilement triables, et traçables à la source. Les commerçants, restaurants et entreprises ont des accords en place avec le gouvernement local, ce qui facilite la collecte des déchets auprès d'eux. Les déchets des marchés et d'élagage présentent éga-

lement l'avantage de se compléter : les déchets de fruits et légumes sont riches en azote, tandis que les déchets de jardin sont plus secs et plus riches en carbone.

### Les parcs décentralisés de compostage

Les travaux ont commencé en 2015 sur cinq parcs de compostage décentralisés et semi-locaux, destinés à recevoir les déchets organiques de toute la ville, réduisant ainsi l'utilisation des décharges, ainsi que la distance entre le lieu où les déchets sont produits et celui où ils sont traités. En 2016, [un site pilote](#) de compostage recevait déjà les déchets produits par 26 marchés de rue et tous les déchets d'élagage de la sous-préfecture de Lapa – un total de 170 tonnes étaient compostées par an sur ce site. En 2020, à travers les différents sites, 10 000 tonnes de déchets ont été compostées, portant le total depuis 2015 à 20 000 tonnes. Par rapport à l'élimination de ces déchets dans une décharge (émettant environ 819,1 kg de CO<sub>2</sub>e par tonne de déchets), leur compostage permet de réduire les émissions de GES de 87 % (émettant environ 110,3 kg de CO<sub>2</sub>e par tonne). Ces usines de compostage décentralisées appliquent l'aération naturelle et la « méthode de [compostage thermophile](#) » – compostage par des bactéries aimant la chaleur – en créant des piles par les couches alternées de déchets organiques et de paille/déchets verts issus de l'élagage, qui sur une période de 120 jours se transforment en compost.

### Réalimenter le système alimentaire

Le compost issu de ces parcs sert aujourd'hui à [deux fins principales](#) : premièrement, il est utilisé pour l'aménagement paysager et la récupération environnementale des zones dégradées, ainsi que dans les jardins urbains de la ville. Deuxièmement, et principalement, dans le cadre du programme « *Connect the dots* », le compost généré dans la ville est utilisé pour l'agriculture biologique dans la zone rurale extérieure de la ville. Ce programme [fournit](#) une assistance technique aux petits exploitants agricoles afin qu'ils utilisent des pratiques agroécologiques favorables à la santé des sols, et leur permet également d'accroître leur accès aux marchés. L'utilisation du compost issu des déchets municipaux comme intrant agricole permet également de réduire les coûts de production des agriculteurs.



“ LES APPROCHES  
COLLABORATIVES  
S'INSCRIVENT DANS  
UN PARADIGME  
NOUVEAU OÙ  
PROTECTION DE  
LA BIODIVERSITÉ  
ET CLIMAT SONT  
INTRINSÈQUEMENT  
LIÉS. ”



• année 2021 a permis d'observer un ralentissement global de la déforestation. En 2021, 11,1 millions d'hectares de couvert forestier, tous biomes confondus (forêts humides, boréales, etc.), ont été perdus dont 3,75 millions d'hectares de forêt tropicale. Ce qui représente une baisse de 11 % par rapport à l'année 2020. Les émissions liées à l'usage des sols ont également baissé d'au moins 3 % par rapport à 2020. Néanmoins, à l'échelle mondiale, la capacité d'absorption du carbone par les forêts est en légère baisse. En 2020, le solde net était de 7,35 GtCO<sub>2</sub>/an, en 2021, il est estimé à 7,17 GtCO<sub>2</sub>/an [INDICATEURS].

De plus en plus d'initiatives basées sur des approches collaboratives sont mises en œuvre dans plusieurs régions du monde afin de réduire la déplétion du puit de carbone que représentent les forêts, tout en bénéficiant à la biodiversité. Certaines sont lancées et menées par des peuples autochtones dont le savoir-faire et l'appui sont essentiels à la protection des forêts. Ces initiatives s'inscrivent aussi dans un paradigme nouveau où protection de la biodiversité et climat sont intrinsèquement liés. C'est le cas en Tanzanie, dans la vallée de Yaeda où la protection des terres et de la faune par les populations locales trouve de nouvelles sources de financement via le recours au marché carbone volontaire, où les crédits de solution fondés sur la nature sont particulièrement recherchés [CAS D'ÉTUDE].

Toujours dans cette logique de complémentarité entre protection de la biodiversité et lutte contre le réchauffement climatique, des corridors de biodiversité sont mis en place un peu partout dans le monde afin de connecter les zones de conservation. Ils sont une illustration de l'utilité des approches collaboratives pour l'adaptation au changement climatique [TENDANCES]. Cela est aussi le cas dans certaines filières agricoles telles que le café, dont la culture subit de profonds changements d'aptitude des terres sous l'effet du changement climatique. Là aussi, l'approche collaborative des coopératives de producteurs, qui s'organisent pour la résilience socio-écologique de

la filière, prouve son efficacité, à côté d'initiatives visant à développer l'agroécologie, l'hybridation ou encore la diversification des espèces [TENDANCES]. La création d'une banque de graines communautaires au Népal, visant à préserver les espèces locales de cultures, participe de cet effort de conservation de la biodiversité et de l'héritage naturel en vue de mieux adapter les communautés au changement climatique [SIGNAUX].

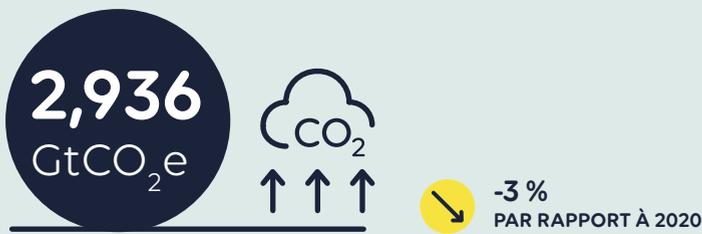
Le droit est également mobilisé comme un bouclier de protection de la biodiversité. De nouveaux leviers juridiques tels que « les droits de la nature » se développent et s'exportent à travers le monde. Utilisés par un groupe hétéroclite d'acteurs (ONG, populations locales, citoyens, collectivités), les droits de la nature sont devenus un moyen de protéger des cours d'eau, des montagnes, des forêts. Cependant, les premiers droits conférés à des entités naturelles en Colombie, en Nouvelle-Zélande, en Tanzanie ou encore dans l'Ohio doivent encore prouver leur efficacité [TENDANCES].

INDICATEURS	157
TENDANCES	159
SIGNAUX	182
CAS D'ÉTUDE	184



## LE RALENTISSEMENT DE LA PERTE DE COUVERT FORESTIER N'ENRAYE PAS L'APPAUVRISSEMENT DES PUITTS DE CARBONE

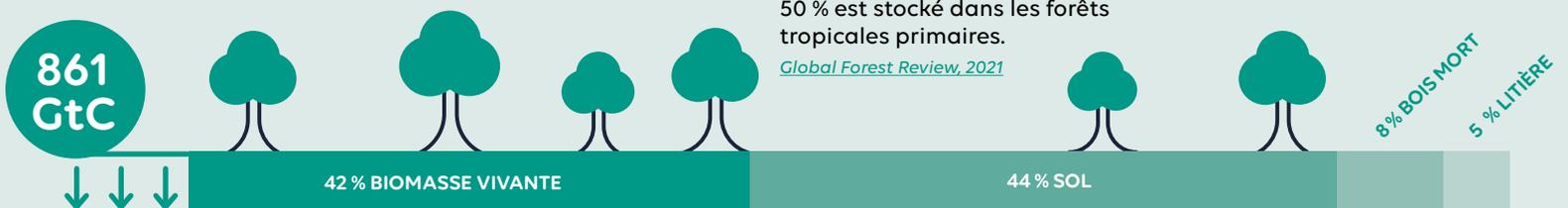
Les émissions liées à l'usage des sols en baisse, mais les puits se rétractent



### ÉMISSIONS NETTES DE CO<sub>2</sub> DU SECTEUR

#### USAGE DES SOLS EN 2021

Ces émissions étaient de 3,03±2,6 GtCO<sub>2</sub> en 2020, soit une baisse d'environ 3 %, en raison de la persistance de conditions humides en Indonésie et d'une saison des feux inférieure à la moyenne en Amérique du Sud. [Friedlingstein et al, Global Carbon Budget, 2021](#)



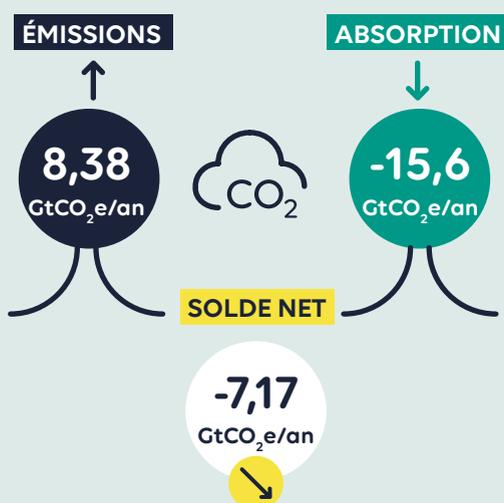
### STOCK TOTAL DU CARBONE

#### ACCUMULÉ DANS LES FORÊTS

50 % est stocké dans les forêts tropicales primaires.

[Global Forest Review, 2021](#)

### ÉMISSIONS ET ABSORPTION MOYENNES DE CO<sub>2</sub> DES FORÊTS CHAQUE ANNÉE ENTRE 2001 ET 2021



Soit un solde net de -7,17 GtCO<sub>2</sub>/an, contre -7,35 GtCO<sub>2</sub>/an en 2020. Cela signifie qu'à l'échelle mondiale, les forêts restent un puits net de CO<sub>2</sub>, mais moins efficace.

[Global Forest Watch, 2022](#)

### CO<sub>2</sub> ÉMIS DANS L'ATMOSPHÈRE PAR LES INCENDIES DE FORÊT EN 2021

Au mois d'août 2021, les émissions mensuelles ont été les plus élevées, soit 378 MtCO<sub>2</sub>. Des vastes régions au sein de la Sibérie, de l'Amérique du Nord, de la Méditerranée orientale et centrale, et de l'Afrique du Nord ont connu les émissions les plus élevées liées aux incendies depuis le début de la collecte des données.

[Copernicus, 2021](#)



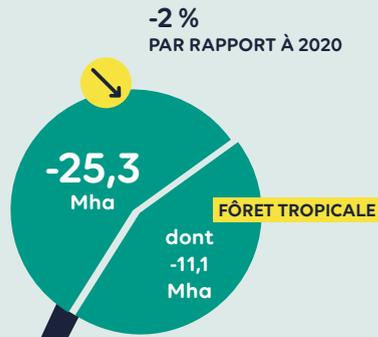


## Malgré des incendies plus destructeurs, la déforestation globale ralentit

### PERTE DE COUVERT FORESTIER

25,3 millions d'hectares de couvert forestier, tous biomes confondus (forêts humides, boréales, etc.), ont été perdus en 2021, dont 11,1 millions d'hectares de forêt tropicale.

[Global Forest Watch, World Resources Institute, 2022](#)



## En lente progression, l'engagement des entreprises reste inégal selon les secteurs

### TAUX D'ENGAGEMENT D'ENTREPRISES CONTRE LA DÉFORESTATION DANS LES SECTEURS À HAUT RISQUE FORESTIER

	2021	2020
CUIR	28 %	25 %
HUILE DE PALME	72 %	71 %
BOIS D'ŒUVRE	67 %	48 %
SOJA	40 %	31 %
BÉTAIL	30 %	28 %
PAPIER	49 %	66 %

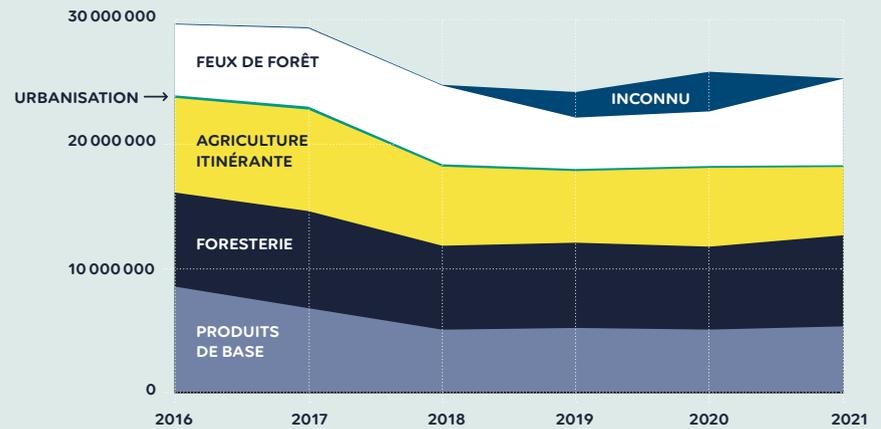
58 % des 500 entreprises et institutions financières faisant partie des chaînes d'approvisionnement à risque pour les forêts ont pris des engagements concernant la déforestation, contre 57 % en 2020, et 52 % en 2019.

[Forest 500, 2022](#)

### PART DES PRINCIPAUX MOTEURS DE LA PERTE DE COUVERT FORESTIER, ENTRE 2016 ET 2021

Entre 2020 et 2021, la perte de couvert forestier due aux feux de forêt a augmenté, ainsi que la perte due à la foresterie.

[Élaboration basée sur les données de Global Forest Watch, 2022.](#)



### CONSERVATION

## En retard sur les objectifs internationaux, la conservation en quête de résultats probants

### OBJECTIFS D'AICHI



La convention des Nations unies sur la diversité biologique avait dressé 17 objectifs pour la décennie 2011-2020 dont aucun n'a été atteint.

[Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2020](#)

### ESPÈCES MENACÉES D'EXTINCTION



28 %

des 147 517 espèces animales, végétales et fongiques évaluées par l'UICN sont classées en voie d'extinction.

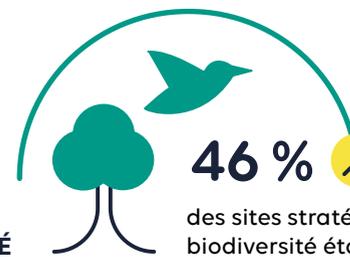


68 %

Il y a eu une baisse de 68 % des populations de vertébrés entre 1970 et 2016

[UICN Red List, 2022](#)  
[WWF, 2020](#)

### AUGMENTATION DE LA PROTECTION DES SITES STRATÉGIQUES POUR LA BIODIVERSITÉ



des sites stratégiques pour la biodiversité étaient en aires protégées en 2017. Les aires marines et montagneuses suivent la même tendance.

[Protected Planet, 2021](#)



TENDANCES  
BIODIVERSITÉ

# Corridors de biodiversité : le renforcement de la connectivité écologique pour adapter les écosystèmes au changement climatique

OPHÉLIE CUVILLARD • Assistante de recherche, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance  
ANTOINE GILLOD • Directeur, Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance

Le mouvement de conservation de la nature né aux États-Unis au XIX<sup>e</sup> siècle a donné naissance aux premiers grands parcs nationaux dans l'idée que la meilleure manière de protéger la nature était d'en délimiter certains espaces, à l'abri des activités humaines. Face au constat urgent du recul de la biodiversité depuis quelques années, la conservation connaît un changement de paradigme, tant au niveau de sa définition que de la gouvernance des aires protégées, où le rôle des peuples autochtones et des communautés locales pour leur gestion est de plus en plus défendu. Cette nouvelle vision de la conservation tient particulièrement compte des intérêts du niveau de connectivité entre les écosystèmes, dont les corridors écologiques sont un des instruments importants.



PANORAMA DES DONNÉES

## La convergence des enjeux climatiques, de biodiversité et de désertification, renforcée depuis la pandémie de Covid-19, met en évidence l'enjeu de reconnecter les milieux

La nature zoonotique du virus SARS-CoV-2, provenant de l'effondrement des frontières naturelles entre espèces animales et humaines, a souligné les interconnexions entre les différents écosystèmes ainsi qu'entre le climat, la biodiversité et la gestion des sols. Parmi les maladies infectieuses émergentes,

75 %<sup>1</sup> seraient des zoonoses, qui circulent des animaux aux hommes ou inversement, en hausse depuis les années 1980. Les raisons de cette augmentation tiennent au commerce et à la consommation des animaux sauvages, à la dégradation des écosystèmes constituant leur habitat naturel et au changement climatique qui diminue leur aire d'extension géographique<sup>2</sup>. C'est ce qui a été mis en avant avec le concept « One Health »<sup>3</sup>, d'abord par une communauté d'experts et de chercheurs, avant d'être inscrit à l'agenda politique avec la crise du Covid-19. Ce concept promeut une approche future qui prendrait en compte la santé humaine en même temps que la santé animale et de l'environnement<sup>4</sup>. Politiquement, elle se traduit par le rapprochement entre les conventions signées lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992 et encourage la connexion entre leurs objectifs. Cette vision permet de sortir l'action climat d'une conception « car-



bo-centrée », en soulignant les co-bénéfices à valoriser avec les Objectifs de développement durable (ODD)<sup>5,6</sup>.

Cette vision holistique trouve une application concrète dans l'intégration croissante de la biodiversité au sein des mécanismes financiers destinés à l'action climat. Les financements en faveur de la biodiversité ont plus que doublé entre 2012 et 2020, passant de 52 milliards de dollars (Md\$)<sup>7</sup> annuels à environ 130 Md\$<sup>8</sup>, dont 80 à 85 % proviennent de fonds publics. Cette évolution est concomitante à l'attention croissante portée par les acteurs aux « solutions basées sur la nature ». Longtemps dominé par les projets d'énergies renouvelables, le marché carbone volontaire bascule désormais vers les projets dédiés aux forêts et à l'usage des sols (45 % des crédits émis en 2021)<sup>9</sup>. Des labels certifiant la contribution des crédits carbone à la préservation ou à la restauration de la biodiversité apparaissent également chez les grands organismes certificateurs. Ainsi, le Climate, Community & Biodiversity Standards du standard américain Verra (VCS) recensait en juillet 2022 49 projets validés, 71 vérifiés, et plus de 291 690 000 de crédits émis avec le label (environ 30 % de l'ensemble des crédits émis par Verra)<sup>9</sup>. Ces crédits certifiant des co-bénéfices s'échangent à une valeur plus importante sur le marché<sup>10</sup>.

On retrouve cette tendance à l'intégration des co-bénéfices pour la biodiversité au sein du mécanisme REDD+<sup>9</sup>, qui a pour vocation initiale de préserver les forêts pour leur rôle de puits de carbone naturels. REDD+ vise en effet à donner une valeur financière au carbone stocké dans les forêts afin d'encourager leur préservation. Ces dernières années, de plus en plus de titres REDD+ se sont focalisés sur les forêts situées dans les aires protégées, afin de renforcer leurs externalités positives sur des espaces écologiquement stratégiques. La préservation des forêts a un impact positif direct sur la biodiversité, puisqu'elles abritent une très grande part de la biodiversité sur terre : 75 % des oiseaux, 80 % des amphibiens et 68 % des mammifères<sup>11</sup>. Le volume des crédits REDD+ visant à éviter la déforestation non planifiée a augmenté de 166 % entre 2020 et 2021, et de 972 % pour la déforestation planifiée. D'autres mécanismes incitatifs permettent de promouvoir des actions visant à préserver ou restaurer la biodiversité, comme les paiements pour les services environnementaux (*payments for ecosystem services* – PES).

Au niveau politique, l'inscription de la biodiversité à l'agenda a notamment été marquée par la COP10 de la Convention sur la diversité biologique (CDB), lorsque les États signataires réunis à Nagoya ont adopté un plan stratégique pour la biodiversité sur la période 2011-2020, comprenant les vingt objectifs d'Aichi. L'objectif C.11 fixait l'ambition d'atteindre 17 % d'aires terrestres protégées en 2020 et les nouveaux objectifs

pour la décennie 2020-2030 prévoient de la fixer à 30 % ; or selon l'indice ProtConn<sup>c</sup>, la surface des aires protégées n'était que de 14,7 % en 2020. En 2017, seul un tiers<sup>12</sup> des pays a réussi à atteindre l'objectif C.11 d'Aichi, majoritairement en Europe et en Micronésie. Mais bien que la surface des aires protégées ait doublé entre 1990 et 2018<sup>13</sup>, la biodiversité continue de s'effondrer : la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) recense encore un million d'espèces en voie d'extinction en 2019<sup>14</sup>. La conservation des aires protégées est elle-même menacée par les impacts du changement climatique, mais aussi par les espèces envahissantes, l'augmentation de la fréquentation touristique, le braconnage, les incendies ou encore la pollution de l'eau. Dans un rapport d'évaluation de la conservation des sites naturels du patrimoine mondial paru en novembre 2020, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) estime que, depuis 2017, la situation s'est plus dégradée qu'elle ne s'est améliorée<sup>15</sup>.

Bien qu'ils soient essentiels à la préservation des écosystèmes et des espèces, les aires protégées et les parcs nationaux sont aussi à l'origine de perte de diversité génétique. Les aires protégées et les parcs sont en effet délimités<sup>16</sup>, ce qui fait obstacle à la migration des espèces et donc à la rencontre entre différents groupes d'une même espèce. Or, la biodiversité, telle que définie par l'IPBES<sup>d</sup>, s'apprécie en partie selon le taux de variation génétique au sein d'un habitat donné. Certaines espèces, appelées « espèces parapluies », vivent également sur une aire de répartition très étendue ; ainsi, les aires protégées sous la forme d'îlots ne sont pas adaptées à la migration naturelle du jaguar<sup>17</sup> ; et la taille limitée des aires ne permet pas à l'éléphant<sup>18</sup> de subvenir à ses besoins.

Les Nations unies soulignaient en 2020 que l'ODD 15 sur la conservation de la biodiversité ne peut être atteint avec l'état actuel des aires protégées<sup>19</sup> et avec l'augmentation du morcellement des habitats naturels. Ce constat s'accompagne d'un changement de paradigme concernant la conservation de la biodiversité qui met en avant le concept de « réseau écologique de conservation ». Un réseau écologique comprend des aires protégées, des zones naturelles intactes, d'autres mesures de conservation efficace par zone (AMCEZ<sup>e</sup>), qui en constituent ses « unités de conservation principales ». Ce sont les liaisons entre ces habitats essentiels par des « corridors écologiques » qui en font un réseau écologique. Ce dernier est « établi, restauré au besoin et maintenu pour conserver la diversité biologique dans des milieux fragmentés »<sup>20</sup>. La connectivité de ces espaces naturels a pu en effet être endommagée par des événements climatiques ou des activités anthropiques comme l'usage des sols et l'agriculture, la construction d'infrastructures comme des habitations, des routes, des chemins de fer, des barrages, des réseaux élec-

a Voir le [Verra Registry](#)

b Les mécanismes REDD+ (réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation forestière) ont été mis en point par les pays parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), soit une des trois conventions signées à Rio en 1992.

c [L'indice ProtConn](#), mis en place en 2016 par l'Observatoire numérique des aires protégées (*Digital Observatory for Protected Areas*) dans le cadre du Centre commun de recherche de la Commission européenne, a pour but d'évaluer le niveau de connexion au sein d'une région ou d'un pays donné, notamment entre les aires protégées.

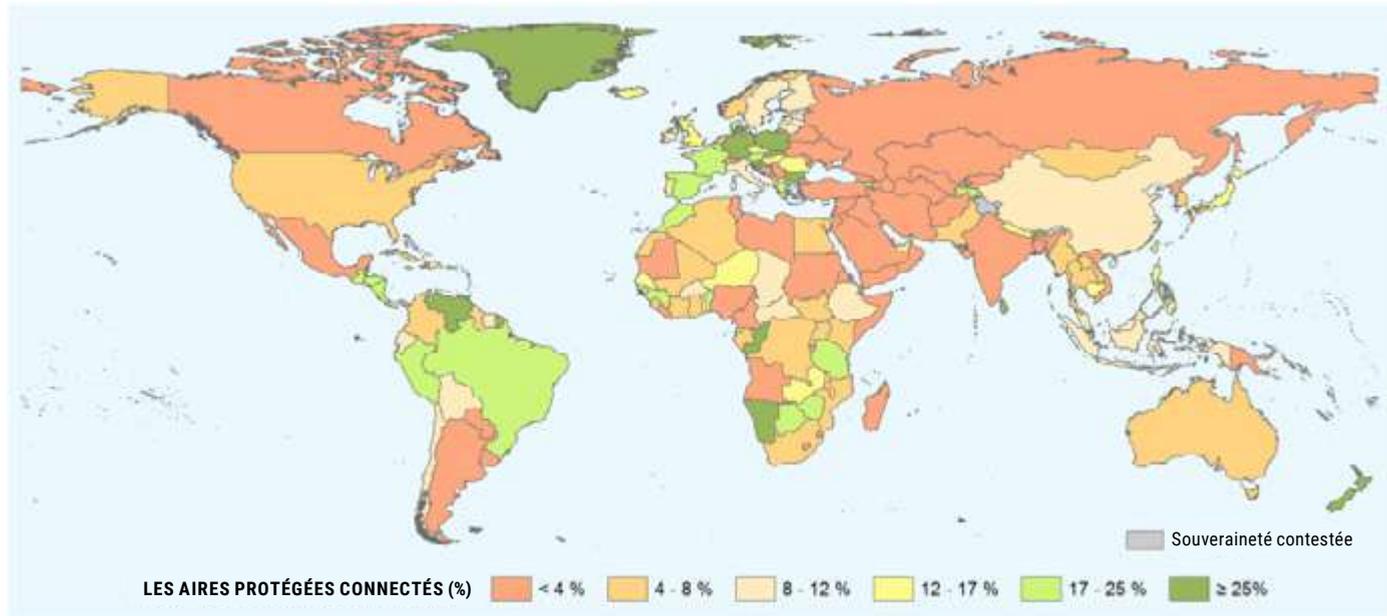
d Voir le glossaire de l'[IPBES](#)

e L'équivalent en anglais est OECMs pour Other Effective area-based Conservation Measures.

**FIGURE 1**

**PART DES SURFACES PROTÉGÉES CONNECTÉES SELON LES PAYS**

Source : *Biological conservation*, mars 2018



triques, etc. La connectivité se concrétise ainsi par la capacité des écosystèmes à être reliés physiquement et non séparés par des barrières physiques. Elle peut être terrestre, marine, aérienne ou mixte<sup>f</sup>.

Aujourd'hui, selon l'indice ProtConn, seule la moitié des aires protégées sont connectées. Certains pays témoignent déjà d'un taux relativement haut de connexion entre leurs aires protégées : le Brésil, le Venezuela, le Pérou, le Maroc, la Guinée, le Bénin, la République du Congo, la Namibie, la Botswana, le Zimbabwe, la Tanzanie, l'Arménie, le Tadjikistan, le Sri Lanka et le Bhoutan. À l'inverse, l'Inde, l'Indonésie, la Malaisie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, la Chine, l'Australie et les États-Unis, qui représentent environ 60 %<sup>21</sup> de la perte de biodiversité, affichent tous un taux faible de connexion entre leurs aires protégées (FIG. 1). D'autres pays sont aussi particulièrement menacés, comme le Kenya, le Nigéria ou le Pakistan<sup>22</sup> où l'agriculture, très importante pour leur économie, repose sur des écosystèmes fragiles. Dans un cinquième des pays du monde, ce sont plus de 30 %<sup>23</sup> des écosystèmes qui risquent de s'effondrer, selon l'indice du Swiss Re Institute sur les services de la biodiversité et des écosystèmes.

La connectivité entre les habitats essentiels des réseaux de conservation est assurée par ce que l'on nomme des « corridors », « un espace géographique clairement défini qui est régi et géré à long terme dans le but de maintenir ou de restaurer une connectivité écologique efficace »<sup>24</sup>. Les frontières des corridors peuvent néanmoins évoluer dans le temps par rapport aux transformations du territoire, aux événements climatiques ou à la construction de nouvelles infrastructures. Ils peuvent prendre diverses formes : haies, chemins agricoles, cours d'eau, etc. mais ne sont pas toujours continus et peuvent constituer des « étapes-relais »<sup>9</sup>. Les corridors sont souvent des projets colossaux, qui exigent plusieurs années d'étude des déplacements des espèces et de la cartographie du terrain ainsi qu'une gestion nécessitant une étroite collaboration entre les acteurs. Ils sont en général mis en place autour de zones stratégiques, comme des forêts ou des points d'eau, qui entrent souvent en conflit avec les activités humaines qui utilisent aussi ces lieux. Au Sri Lanka, le corridor pour les éléphants a par exemple été bloqué en mai 2021 par des agriculteurs locaux qui avaient besoin d'espace pour leur activité agricole<sup>25</sup>. Or les objectifs de préservation de la biodiversité reposent sur la protection de 50 écorégions clés dans seulement 20 pays, qui peuvent se recouper avec des zones peuplées de communautés autochtones<sup>26</sup>.

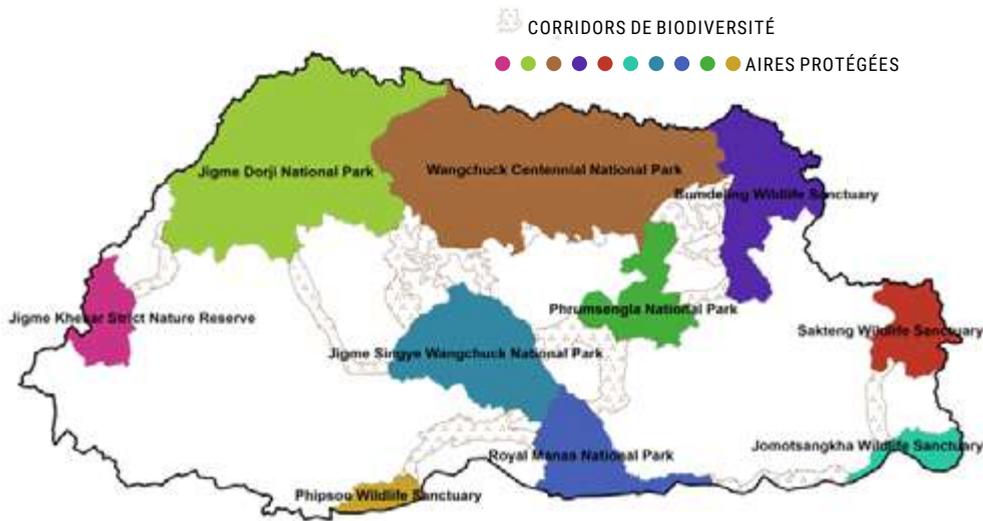
<sup>f</sup> Le terme de connectivité peut également être utilisé en milieu urbain pour qualifier les projets qui visent à une meilleure cohabitation en milieu urbain des activités humaines avec la présence de biodiversité comme les infrastructures vertes par exemple.

<sup>g</sup> Le terme « étapes-relais » est utilisé en particulier pour définir des zones stratégiques sur le chemin de migrations longues – pour des espèces comme les mammifères marins, les tortues de mer et les oiseaux – ayant pour objectif d'assurer l'accessibilité de la nourriture ainsi que la tranquillité et sécurité de la zone et donc de veiller à la faisabilité de la migration.

**FIGURE 2**

**AIRES PROTÉGÉES ET CORRIDORS DE BIODIVERSITÉ AU BHOUTAN**

Source : [Bhutan Biodiversity](#), n.d.



**L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE**

**Les projets de corridors de biodiversité soulignent l'apport des approches collaboratives et sont mis à profit pour l'adaptation au changement climatique**

Les 25 exemples de corridors étudiés dans le rapport de l'UICN<sup>h</sup> démontrent que certains projets mis en place dans les années 2000 présentant des résultats aujourd'hui sont ceux qui sont parvenus à être désignés comme des « corridors » ou qui se sont institués sur des espaces reconnus officiellement comme des aires protégées. Cette reconnaissance officielle et juridique permet d'établir des « cadres de conservation » qui facilitent la mise en place et la gestion des corridors. En particulier, l'intégration des projets de corridors au sein des plans publics semble être une condition *sine qua non* de la réussite de tels projets afin que l'espace des corridors soit connu et n'entre pas en conflit avec d'autres projets d'utilisation du territoire, soit par un pays voisin, soit par d'autres acteurs au sein du pays.

En tant qu'espaces stratégiques pour les ressources, tant pour les espèces animales que les populations humaines, les frontières transnationales font souvent l'objet de projets de corridors. Ces projets transfrontaliers ont été rendus possibles grâce à des accords inter-étatiques via une intégration commune des corridors au sein des différents plans nationaux. C'est par exemple le cas de la zone de conservation trans-

frontalière (ZCT) du Kavango-Zambèze à l'intersection des frontières de cinq pays (Angola, Botswana, Namibie, Zambie, Zimbabwe) et de la région du rift Albertin concernant cinq pays (Burundi, RDC, Rwanda, Ouganda et Tanzanie). Dans le premier cas, un « réseau écologique transfrontalier » a été reconnu : les cinq pays ont mis au point un plan de développement intégré aux plans nationaux pour expliciter la liaison de chacun des plans avec les autres. Dans le second cas, c'est la Fondation MacArthur qui a apporté les fonds pour une approche de « planification collaborative » dans le but d'élaborer un plan-cadre de conservation et des plans de conservation détaillés, à l'issue desquels se sont établis des « protocoles d'entente » (PE).

L'intégration des projets de corridors au sein des planifications nationales et locales peut être un levier pour limiter les conflits fonciers sur l'utilisation du territoire. En effet, les aires protégées sont souvent entourées de terres utilisées, pour l'agriculture notamment ou par des acteurs privés, et la gestion des corridors sur ces territoires doit souvent faire face à des conflits d'utilisation des terres. C'est le cas du projet de restauration du site Ramsar de la vallée du Kilombero en Tanzanie en 2000, qui constituait un lieu de refuge naturel pour la migration des espèces pendant la période sèche, jusqu'à une transformation du paysage dans les années 1990 (augmentation de l'agriculture, du pâturage, du bétail et de la déforestation, due à l'augmentation de la population de la région). Les projets de rétablissement de certains corridors sur le site ont eu un succès relatif : s'ils sont en effet empruntés par de nombreuses espèces, les corridors ont dû faire face à d'importants conflits fonciers avec les propriétaires locaux, les agriculteurs etc. C'est pourquoi un plan de gestion intégré a

<sup>h</sup> Sauf mention contraire explicite, les exemples cités dans cette Tendances sont cités dans le rapport « Lignes directrices pour la conservation de la connectivité par le biais de réseaux et de corridors écologiques » (cf. références).

été lancé en 2016 par le ministère des Ressources naturelles et du Tourisme, dont un des principaux buts était d'améliorer la coordination de l'utilisation des terres du territoire entre villageois, propriétaires privés, communautés locales, agriculteurs, qui était pratiquement inexistante, au profit de l'harmonisation de la protection des terres et du contrôle des pratiques.

Foyer de 5 % de la biodiversité mondiale, le Costa Rica a été un des pays pionniers des politiques de conservation de la biodiversité depuis les années 1990. Ces politiques ont principalement reposé sur un programme pour les aires protégées, un pour les corridors de biodiversité et des plans municipaux de gestion des terres. L'intégration du projet au niveau des politiques nationales, puis dans les plans municipaux a permis au Costa Rica d'afficher une des politiques les plus développées en matière de conservation au niveau mondial. Ainsi, « *les corridors biologiques ne sont pas des zones de conservation de l'État, mais plutôt une stratégie de conservation distincte mise en œuvre par le Système national de zones de conservation dans le cadre du programme national de corridors biologiques* »<sup>27</sup>. Depuis les années 1990, 40 corridors représentant 38 % du territoire ont été mis en place<sup>28</sup> et les plans de gestion de terres permettent de contrôler les activités sur le territoire. Néanmoins, une évaluation récente a démontré que les corridors n'avaient pas toujours rempli l'objectif de réduire la fragmentation du territoire à certains endroits. Pour les auteurs, les résultats des corridors au niveau de la connectivité pourraient être améliorés s'ils étaient priorisés<sup>29</sup> dans les politiques du gouvernement.

Classé parmi les pays les plus pauvres du monde en PIB par habitant, le Bhoutan a réussi à mettre en place des corridors de biodiversité dès 1999 à l'initiative de la reine mère et assurer ainsi la conservation de 51 % de son territoire. Les corridors du Bhoutan s'étendent sur 2 966,53 km<sup>2</sup>, soit une des surfaces les plus importantes de corridors enregistrées au sein de la base de données Protected Planet. Les autorités royales et le gouvernement ont en effet basé la stratégie de conservation de la biodiversité de leur pays sur les corridors, étant de fait précurseurs sur cette vision de la conservation. Le Bhoutan est également un des seuls pays au monde qui a fait adopter des lois concernant spécifiquement les corridors écologiques via des décrets constitutionnels<sup>30</sup>. La constitution du Bhoutan fixe un objectif de protection et de conservation de 60 % de son territoire depuis 2008.

### **La gestion des corridors écologiques s'avère plus efficace en collaboration avec les populations locales**

Une fois mis en place, les corridors nécessitent des observations détaillées et une gestion rigoureuse. Le manque de données vis-à-vis de la gestion et de la protection *ex-post* des aires protégées et des corridors est un des propos phares du rapport 2020<sup>31</sup> de Protected Planet pour la décennie 2020-2030. En plus d'assurer le respect des objectifs du corridor, ces observations servent à en limiter les risques. En effet, les corridors peuvent participer à une profusion plus rapide de certaines maladies ou d'espèces envahissantes, ou encore faciliter la propagation des feux de forêts. C'est notamment pourquoi la collaboration avec les populations locales et leur

intégration complète dans les projets de corridors facilitent leur surveillance et une existence pérenne.

Les projets qui présentent de bons résultats sont en effet ceux qui ont fait l'objet d'une collaboration très fine entre tous les acteurs et entre les échelles nationale et locale. Cette collaboration est en général permise et facilitée par des acteurs tiers, comme des fondations internationales ou des ONG qui jouent un rôle d'intermédiation entre les gouvernements nationaux et locaux et les populations locales. Ces intermédiaires effectuent d'abord un travail de sensibilisation au projet et de mise en relation entre les différentes communautés, avant de s'assurer de la redistribution des bénéfices jusqu'aux populations locales. Elles jouent également un rôle d'accompagnement, en finançant par exemple le recours à des avocats chargés de défendre le point de vue des communautés locales au sujet des projets de corridors. C'est ce qu'a fait l'African Wildlife Foundation (AWF) pour lancer le projet de corridors sur les paysages du Kilimandjaro, en finançant un avocat masai aux membres de la communauté qui ont pu débattre du bail avant sa signature sans la présence d'AWF et ainsi se sentir libres de faire davantage de remarques<sup>32</sup>.

Puisqu'ils touchent aux activités humaines qui entourent les aires protégées, la réussite des objectifs des projets de corridors tient en partie de la réussite de la cogestion entre les propriétaires terriens, les ONG de conservation de la biodiversité et les gérants de terres communales. Cette coordination est difficile à mettre en place au vu de la multiplicité des acteurs et de leurs intérêts, ainsi qu'au vu des conflits de légitimité qui peuvent apparaître<sup>33</sup>. Les projets mettent en effet en avant la nécessité de la décentralisation de la gestion des aires et des corridors : « *la mise en œuvre du plan nécessite une vision commune, des ressources financières et des capacités institutionnelles, trois conditions qui ne sont pas encore remplies* »<sup>34</sup>, peut-on lire dans le rapport de l'UICN sur la mise en place des corridors au sein du site Ramsar de la vallée du Kilombero, en Tanzanie. Il insiste également sur les avantages de la transition d'une gestion centralisée à une gestion « en mosaïque » d'aires de moindre superficie, qui se trouvent sur le territoire des activités agricoles par exemple. Cette collaboration horizontale des zones constituant les corridors est aussi mise en avant dans le programme national des corridors géré par le gouvernement national avec les communautés locales. Elles ont par exemple la charge de créer des règlements spécifiques sur l'utilisation des terres qui les concernent.

L'association des communautés locales fait également réémerger un savoir historique sur le territoire et les mouvements des espèces. Dans le cas de la ZCT du Kavango-Zambèze, ce sont les communautés locales qui ont pu indiquer qu'une certaine zone du projet était « *autrefois un refuge pour les animaux et un lieu de passage pour les espèces mobiles telles que l'éléphant et le buffle* »<sup>35</sup>. Dans le cas du rift Albertin, en Afrique centrale, les communautés locales ont aidé à l'étude du territoire pour la mise en place du projet de corridor au nom de la conservation de leur territoire ancestrale.

La Namibie, le Népal et le Bhoutan constituent trois écorégions stratégiques pour la biodiversité qui ont atteint un niveau de conservation et de protection d'au moins 50 % de leur territoire<sup>36</sup>. Pour assurer la connectivité entre les aires protégées, les deux premiers ont mis en place une gestion communautaire des territoires de liaison et le Bhoutan, des corridors de biodiversité.

D'autres types de financements sont courants pour la conservation de la biodiversité. À titre d'exemple, le financement des projets de corridors au nord et au sud du Kenya repose sur trois instruments majeurs : les programmes d'actions REDD+, les paiements pour services écosystémiques et les « communautés de conservation »<sup>37</sup> (*community conservancies*). Plus de 60 communautés de conservation ont été établies au nord et au sud du Kenya en continuité avec le nord de la Tanzanie. Elles promeuvent une gouvernance communautaire du territoire, de nombreux avantages sociaux et assurent un contact fiable avec les donateurs et les investisseurs. Néanmoins, le rapport *Stealth Game*<sup>38</sup> de l'institut d'Oakland, publié en novembre 2021, présente une vision critique de ces communautés de conservation. En se basant sur des témoignages et des plaintes des dernières années, le rapport statue que l'établissement des communautés de conservation se serait fait au prix d'une hyper-présence de la *Northern Rangeland Trust* sur les terres des pastoralistes, qui n'ont plus aucun pouvoir sur la gestion de leur terre et qui ne bénéficient pas des revenus provenant des activités touristiques sur ces mêmes terres.

Les projets de conservation et de corridors génèrent également de nouvelles sources de revenu pour les populations locales, à partir de la valeur accordée à la biodiversité que ces populations permettent de protéger et de conserver. En particulier, les retombées financières produites par le tourisme de conservation facilitent la gestion des aires protégées et des corridors qui les relient. La mise en place des corridors en elle-même peut également générer de nouveaux emplois, comme des éclaireurs, dans le cas du projet au Kilimandjaro, ou des patrouilleurs locaux, dans la ZCT du Kavango-Zambèze, par exemple. Dans cette région, de nouvelles activités ont vu le jour, comme « l'agriculture de conservation »<sup>i</sup>. Enfin, les projets peuvent dépendre de manière plus ou moins significative des donateurs.

Cependant, comme l'a rappelé le Partenariat des peuples des forêts lors de la COP26 en novembre 2021, les peuples autochtones reçoivent seulement 1 % de l'assistance financière internationale pour le climat, alors qu'ils aident à conserver près d'un cinquième des puits de carbone de forêts tropicales et semi-tropicales<sup>39</sup>. En Afrique centrale, 85 % des aires protégées sont gérées par une autorité publique, 14 % le sont par le biais d'une gouvernance partagée et 1 % grâce à une gestion communautaire ou privée<sup>40</sup>. Pourtant, au niveau mondial, la gestion des peuples autochtones se révèle effi-

cace et présente des résultats meilleurs ou équivalents que ceux des gestionnaires publics dans les aires protégées<sup>41</sup>. La gestion même des aires protégées se tourne donc de plus en plus vers la valorisation des gestions communautaires. La création des aires protégées et des parcs nationaux s'est en effet souvent faite au détriment des communautés locales qui ont perdu la gestion et l'exploitation de ces terres. C'est le propos du mouvement « LandBack », lancé aux États-Unis en octobre 2020 par des chefs de peuples autochtones<sup>42</sup>, qui vise à rappeler les connaissances transgénérationnelles de leur peuple sur l'histoire de leur terre et les compétences pour leur gestion. La défense de cette valeur ajoutée portée par le mouvement repose notamment sur la critique de la conservation de la nature telle qu'elle a été plaidée par les premiers naturalistes américains au XIX<sup>e</sup> siècle qui a donné lieu à la transformation de leurs terres en parcs nationaux, contre les usages traditionnels du territoire<sup>43</sup>, sans tenir compte des millénaires de gestion des sols par les peuples autochtones.

### Les corridors permettent aux espèces de s'adapter au changement climatique

En facilitant leur migration, les corridors permettent aux espèces sauvages de s'adapter aux changements saisonniers et aux perturbations écologiques renforcées par le changement climatique tels que les feux naturels ou les pénuries d'eau. La délimitation des aires protégées peut en effet faire obstacle à la capacité des espèces à éviter ces perturbations, car la richesse biologique d'un écosystème favorise aussi sa stabilité et sa capacité d'adaptation au changement climatique. En effet, « à l'échelle locale, il est plus probable que les écosystèmes présentant une meilleure biodiversité soient plus productifs et stables sur le long terme »<sup>44</sup>. Les réseaux de connectivité permettent en ce sens de renforcer la résilience<sup>j</sup> de la biodiversité face au changement climatique et de permettre la migration des espèces pour s'adapter au changement climatique. De nombreuses mesures sont identifiées par la recherche académique pour répondre à ce problème : « augmenter le nombre et la taille des aires protégées et des AMCEZ ; gérer les habitats de manière à en renforcer la résilience ; établir ou élargir des zones de connectivité ; aménager les réserves dans des zones très hétérogènes »<sup>45,46,47</sup>. Pour augmenter cette résilience, les chercheurs mettent l'accent sur le renforcement de la conservation des habitats naturels existants, plutôt que sur l'augmentation de la taille des aires protégées<sup>48</sup>. Pour permettre l'adaptation aux variations de température, il convient d'assurer la connectivité entre des zones géographiques différentes : d'une zone en haute altitude à une zone basse, d'une aire continentale à une aire côtière, etc. C'est le cas du rift Albertin en Afrique centrale, où le but a été de renforcer les corridors existants et de prendre en compte les différents reliefs et altitudes. Un des inconvénients du rétablissement de la connectivité entre deux aires serait l'apparition d'espèces envahissantes dans des zones où elles n'étaient pas, mais ce phénomène

i Selon la définition donnée par la FAO, l'agriculture de conservation « est un système culturel qui permet de prévenir les pertes de terres arables tout en régénérant les terres dégradées. Elle favorise le maintien d'une couverture permanente du sol, une perturbation minimale du sol et la diversification des espèces végétales. [...] Elle ouvre des possibilités accrues d'intégration des secteurs de production, comme l'intégration culture-élevage et l'intégration des arbres et des pâturages dans les paysages agricoles ».

j La résilience écologique correspond à la capacité d'un système à encaisser des perturbations – incendies, changement climatique, perturbations humaines – et à se réorganiser et se régénérer de manière à toujours assurer les mêmes fonctions et caractéristiques.



s'observe surtout au niveau des réseaux marins<sup>49</sup>. L'avantage principal des corridors est qu'ils profitent à la plupart des espèces, contrairement aux étapes-relais.

Afin de nommer le rôle des réseaux écologiques connectés dans l'adaptation au changement climatique, l'expression de « connectivité adaptée au climat » (*climate-wise connectivity*) est apparue depuis 2018. Cette approche va de pair avec le changement de paradigme associé à la conservation de la nature en tenant compte des conséquences du changement climatique. La mise en place de corridors pour répondre aux besoins d'adaptation au changement climatique nécessite donc en premier lieu une étude précise des territoires et des conséquences du changement climatique sur ceux-ci pour connaître les lieux où ces corridors seraient le plus efficaces.

Plusieurs études sur la mise en œuvre de ce concept se sont focalisées sur les côtes montagneuses du nord de la Californie. Cet espace offre un exemple de connectivité adaptée au climat qui a obtenu de nombreux résultats. La première évaluation du changement climatique en Californie date de 2006 et la quatrième a donné lieu à un rapport dédié à la stratégie du renforcement de la connectivité<sup>50</sup>. Ce rapport a présenté treize approches pour la mise en œuvre d'une connectivité adaptée au climat, basées sur les espèces concernées, la géographie du paysage, etc. L'étude du terrain a consisté à repérer les espaces particulièrement résilients aux changements climatiques, des « lieux où le climat actuel est stable pour les années à venir et les endroits avec de faibles changements climatiques »<sup>51</sup>. Le rapport fait aussi état de la difficulté à traduire les planifications officielles en projets concrets et remarque le faible nombre de corridors adaptés au climat mis en place jusqu'à présent et met ainsi en avant l'importance des résultats de ceux mis en place en Californie. La mise en œuvre des corridors de biodiversité dépend des objectifs du projet : les corridors qui ont pour principal objectif d'assurer l'adaptation au changement climatique n'exigeront donc pas exactement la même méthodologie pour la modélisation du corridor. Ce qui ne les empêche pas de pouvoir contribuer à d'autres objectifs comme la migration des espèces, la diversité génétique etc.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Mis en lumière ces dernières années, les connexions entre les enjeux climatiques et de biodiversité permet de comprendre les effets en cascade du réchauffement climatique sur l'effondrement de la biodiversité, et inversement. Néanmoins, la conservation de la biodiversité telle qu'elle a été pensée jusqu'à maintenant n'a pas permis de limiter véritablement son recul, ni de l'adapter aux changements climatiques. L'évaluation récente des corridors mis en place depuis la fin des années 1990 souligne qu'ils pourraient être un outil pour renforcer la connectivité de la biodiversité et pour l'adaptation des espèces s'ils sont pensés en tant que tels. Les derniers résultats ont montré qu'une fois les étapes d'étude du terrain et de mobilisation de financement de lancement passées, les projets de corridors sont souvent menacés sur le long terme par une gestion complexe entre différentes parties prenantes et par leur non-prise en compte dans les plans nationaux.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 Taylor, L. H. (2001). [Risk factors for human disease emergence](#). *The Royal Society*
- 2 Brondizio, E. S. (2019). [Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services](#). *IPBES*
- 3 Observatoire de l'action climat non-étatique (2020). [Bilan 2020 de l'action climat par secteur](#). *Climate Chance*. P.232
- 4 Kelly, T. R. et al. (2017). [One Health proof of concept: Bringing a transdisciplinary approach to surveillance for zoonotic viruses at the human-wild animal interface](#). *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 137, Part B, 112-118
- 5 Fuso Nerini, F., et al. (2019). [Connecting climate action with other Sustainable Development Goals](#). *Nature Sustainability*, 2, 674-680
- 6 Gonzalez-Zuñiga, S., et al. (2018). [SCAN \(SDG & Climate Action Nexus\) tool: Linking Climate Action and the Sustainable Development Goals](#). *New Climate Institute*
- 7 Parker, C., et al. (2012). [The Little Biodiversity Finance Book](#). *Global Canopy*
- 8 Deutz, A., et al. (2020). [Financing Nature: Closing the global biodiversity financing gap](#). *The Paulson Institute, The Nature Conservancy & The Cornell Atkinson Center for Sustainability*
- 9 Forest Trends' Ecosystem Marketplace (2021). ['Market in Motion', State of Voluntary Carbon Markets 2021, Installment 1](#). *Forest Trends Association*
- 10 *Ibid.*
- 11 FAO & PNUE (2020). [La situation des forêts du monde 2020 – Forêts, biodiversité et activité humaine](#). *FAO & PNUE*
- 12 Santiago, S. et al. (2018). "Protected area connectivity: Shortfalls in global targets and country-level priorities. *Biological Conservation*, Vol. 219, 53-67". (CF D.4)
- 13 Environnement et Changement climatique Canada (2021). [Tendances mondiales des aires conservées](#). *Environnement et Changement climatique Canada*, p.15
- 14 Brondizio, E. S. [Global assessment report](#) op. cit.
- 15 Osipova, E. et al. (2017). [Horizon du patrimoine mondial de l'UICN 3 – Une évaluation de la conservation de tous les sites naturels du patrimoine mondial](#). *UICN*
- 16 Watson, J.E.M. et al. (2018). [Protect the last of the wild](#). *Nature*, 27-30
- 17 Hilty, J. et al. (2020). [Lignes directrices pour la conservation de la connectivité par le biais de réseaux et de corridors écologiques](#). *UICN*. P.104
- 18 Natarajan, I. (2001). [Integrating Elephant Conservation with Protected Area Management in Sri Lanka](#). *World Heritage Centre, UNESCO*
- 19 United Nations (2020). [The Sustainable Development Goals Report](#). *United Nations Publications*
- 20 Hilty, J. et al. [Lignes directrices](#) op. cit
- 21 Waldron, A, et al. (25/10/2017). [Reductions in global biodiversity loss predicted from conservation spending](#). *Nature*, 551, 364-367
- 22 Tobin-de la Puente, J. et Mitchell, A.W. (2021). [Petit Livre de l'Investissement pour la Nature](#). *Global Canopy*
- 23 Swiss Re Institute (23/09/2020). [A fifth of countries worldwide at risk from ecosystem collapse as biodiversity declines, reveals pioneering Swiss Re index](#). *Swiss Re Institute*
- 24 Hilty, J. et al. [Lignes directrices](#) op. cit.
- 25 Rodrigo, M. (13/04/2021). [Farmers move to occupy a critical elephant corridor in Sri Lanka](#). *Mongabay*
- 26 Dinerstein, E., et al. (04/09/2020). [A "Global Safety Net" to reverse biodiversity loss and stabilize Earth's climate](#). *Science Advances*, Vol. 6, issue 36
- 27 Hilty, J. et al. [Lignes directrices](#) op. cit.
- 28 Morera-Beita, C. et al. (2021). [Assessment of biological corridors in Costa Rica: landscape structure and connectivity-fragmentation processes](#). *Revista Geográfica de America Central*
- 29 *Ibid.*
- 30 Dinerstein, E. Olson, D., Joshi, A. et al. [An Ecoregion-Based Approach](#). *BioScience*, Vol. 67, Issue 6, 534-545
- 31 Bingham, H.C. et al. (2021). [Protected Planet Report 2020](#). *Protected Planet*
- 32 Hilty, J. et al. [Lignes directrices](#) op. cit
- 33 Gray, M. et al. (2020). [Climate-Wise Habitat Connectivity Takes Sustained Stakeholder Engagement](#). *Land*
- 34 Hilty, J. et al. [Lignes directrices](#) op. cit
- 35 *Ibid.*
- 36 Dinerstein, E. Olson, D., Joshi, A. et al. (2017). [An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm](#). op. cit.
- 37 Gordon O. Ojwang', et al. (2017). [Wildlife Migratory Corridors and Dispersal Areas: Kenya Rangelands and Coastal Terrestrial Ecosystems](#). *Government of the Republic of Kenya*
- 38 The Oakland Institute. (2021). [Stealth Game – "Community" Conservancies devastate land & lives in northern Kenya](#). *The Oakland Institute*
- 39 Bennett, G. (07/11/2021). [New Global Partnership Opens Door for Indigenous People, Traditional Owners and Local Communities to Directly Benefit from Private Climate Finance](#). *Ecosystem Market Place*
- 40 Doumenge C., et al. (2021). [Aires protégées d'Afrique centrale – État 2020](#). *OFAC-COMIFAC, Yaoundé, Cameroun & UICN*
- 41 Schuster, R. et al. (2019). [Vertebrate biodiversity on indigenous-managed lands in Australia, Brazil, and Canada equals that in protected areas](#). *Environmental Science & Policy*, Vol.101, 1-6
- 42 Thompson, C. E. (25/11/2020). [Returning the Land](#). *Grist*
- 43 Thompson, C. E. (13/01/2022). [How the Indigenous landback movement is poised to change conservation](#). *Grist*
- 44 Stoett, P. et al. (2019). [Biodiversity - Global Environment Outlook \(GEO-6\): Healthy Planet, Healthy People Chapter 6](#). *United Nations Environment Programme*
- 45 Heller, N.E., & Zavaleta, E.S. (2009). [Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations](#). *Biological Conservation*, 142, 14-32
- 46 Anderson, M. G., Clark, M. & Sheldon, A. O. (2014). [Estimating climate resilience for conservation across geophysical settings](#). *Conservation Biology*, 28(4), 959-970
- 47 Elsen, P. R., Monahan, W. B., & Merenlender, A.M. (2018). [Global patterns of protection of elevational gradients in mountain ranges](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*
- 48 Hodgson, J. A., et al. (2012). [The speed of range shifts in fragmented landscapes](#). *PLoS One* 7
- 49 Keeley, A.T.H, et al. (2018). [New concepts, models, and assessments of climate-wise connectivity](#). *Environmental Research Letters*
- 50 Keeley, A. T. H. (2018). [Climate-wise landscape connectivity: why, how, and what's next. Report for California's Fourth Climate Change Assessment](#). *California Natural Resources Agency*
- 51 *Ibid.*



TENDANCES  
DÉFORESTATION

# Les droits de la nature, un rempart contre la destruction des écosystèmes naturels

MÉLAINE ASSÈ-WASSA SAMA • Chargé de projet, Observatoire de l'action climat en Afrique, Climate Chance

Les rapports se succèdent en mettant en lumière toujours plus de données chiffrées sur les atteintes à la nature sans qu'aucune des mesures préconisées ne freine efficacement la tendance. Des millions d'hectares de forêts perdus, des cours d'eau pollués, une biodiversité détruite, des mégatonnes de CO<sub>2</sub> émises. Et si tous les éléments de la nature avaient des droits ? Serait-elle mieux protégée avec une personnalité juridique ? À travers le monde, des citoyens et associations locales ont obtenu de conférer des droits à des sites naturels, avec des succès variables.



PANORAMA DES DONNÉES

## La déforestation poursuit sa course effrénée

Les forêts jouent un rôle crucial dans l'atténuation du changement climatique. Elles renferment environ 861 milliards de tonnes de carbone (GtC), et plus de la moitié du stock mondial de carbone dans les sols est stocké dans les forêts primaires tropicales<sup>1</sup>. Du fait du déboisement et de la dégradation des écosystèmes forestiers, au moins 260 GtC stockés risquent d'être libérés dans l'atmosphère. On estime que, sans mesures supplémentaires, 289 millions d'hectares (Mha) de forêt pourraient disparaître entre 2016 et 2050. Ce qui entraînera l'émission de 169 GtCO<sub>2</sub>e<sup>2</sup>. Selon des estimations, la déforestation est responsable d'environ 15 % des émissions globales de CO<sub>2</sub><sup>3</sup>. La déforestation tropicale par exemple est une source importante d'émissions de CO<sub>2</sub>. Si elle était un pays, elle serait la troisième plus grande source d'émissions de dioxyde de carbone au niveau mondial, après la Chine et les États-Unis. Ainsi, en 2021, 25,3 millions d'hectares de couvert forestier ont disparu dans le monde, dont 3,75 Mha de forêt primaire (FIG. 1). La déforestation tropicale a entraîné l'émission de 2,5 GtCO<sub>2</sub>e, l'équivalent des émissions annuelles des combustibles fossiles de l'Inde<sup>4</sup>. En Amazonie brésilienne, la déforestation a augmenté de 22 % en 2021, atteignant le niveau le plus élevé depuis 15 ans<sup>5</sup>. En Afrique, le taux annuel net de perte forestière est estimé à 3,9 Mha entre 2010 et 2020 (le plus élevé au monde)<sup>6</sup>.

Parmi les causes de ces pertes forestières, 90 % de la déforestation dans le monde serait causée par l'agriculture. En Afrique et en Asie, par exemple, l'agriculture est à l'origine de 75 % du déboisement du fait du changement d'affectation

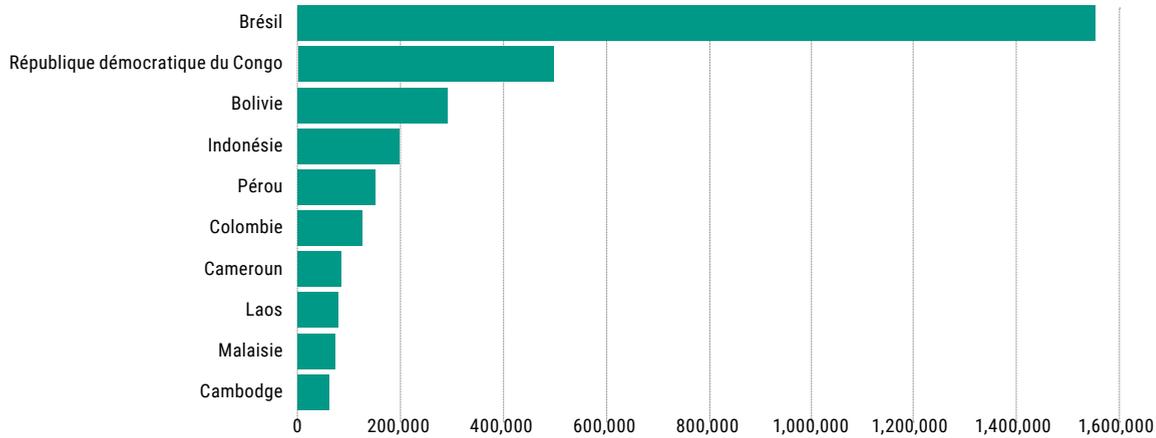
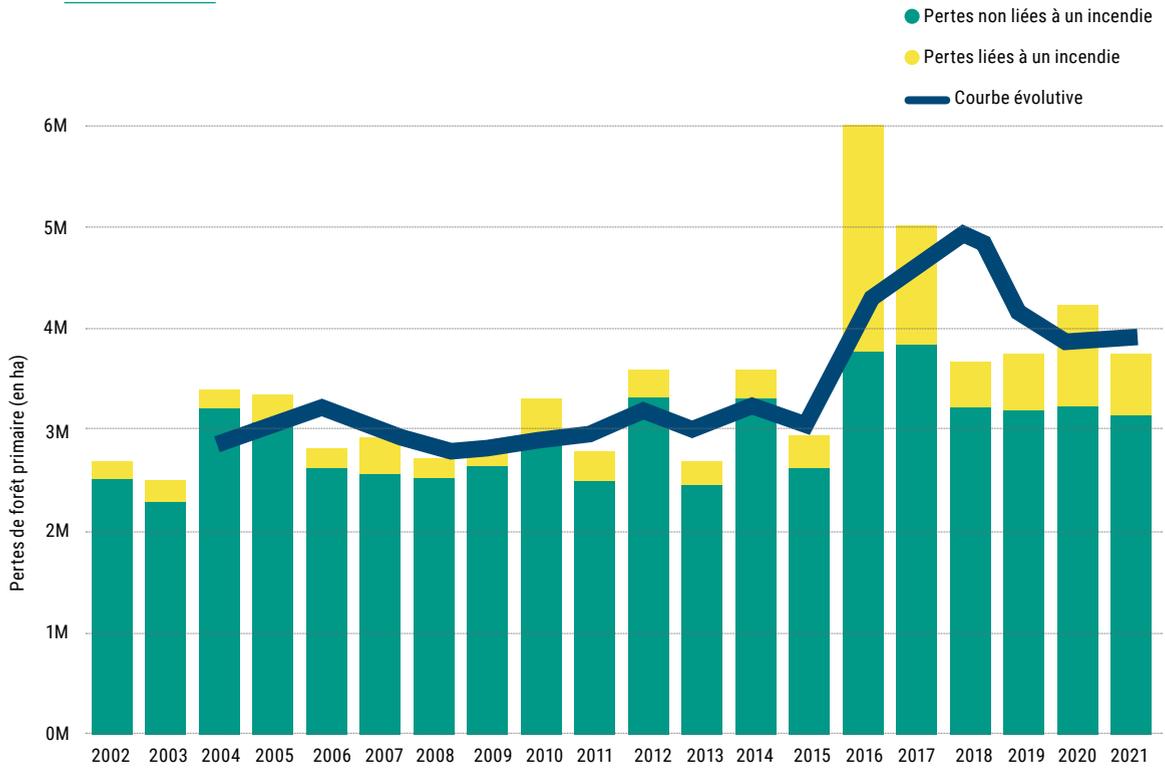
des sols à des fins agricoles. En 2019, les émissions dues au secteur agricole représentaient environ 7 GtCO<sub>2</sub>e<sup>7</sup>. On estime à environ 4 GtCO<sub>2</sub> les émissions dues aux changements d'affectation des sols. Par ailleurs, la déforestation et le changement d'affectation des sols sont également sources de risques sanitaires. Selon les scientifiques, il existe désormais une corrélation entre le changement climatique, la perte de biodiversité et la déforestation<sup>8</sup>. Plus globalement, il existe également un lien étroit entre crise économique, crise écologique et crise sanitaire. Les changements d'affectation des sols, par exemple, sont à l'origine de plus 30 % des nouvelles maladies identifiées depuis 1960. Une étude récente a également montré que, sur quelque 250 maladies infectieuses émergentes considérées, 15 % avaient un lien avec la forêt<sup>9</sup>. L'agriculture est également identifiée dans de nombreux pays comme la principale source de pollution des ressources en eau. Selon la FAO, environ 2 250 km<sup>3</sup> d'effluents sont rejetés chaque année dans l'environnement, dont 1 260 km<sup>3</sup> d'eau de drainage des terres agricoles<sup>10</sup>.

Parmi les pistes de solution, le GIEC, la FAO et autres organismes de suivi des forêts recommandent une meilleure gestion des forêts et la prise en compte de solutions innovantes, inclusives et respectueuses de la nature. Le mouvement dit des « droits de la nature » s'inscrit dans cette dynamique. Il prône un nouveau paradigme de protection de la nature basé sur un mécanisme juridique : la personnalité juridique. De l'Équateur à la Nouvelle-Zélande en passant par l'Ouganda, les États-Unis ou l'Inde, ce sont environ 409 initiatives<sup>11</sup> réparties dans 39 pays à travers le monde (FIG. 2) qui tentent, avec un succès variable, de protéger les rivières et les forêts en leur reconnaissant des droits au même titre que les êtres humains.

**FIGURE 1**

EN HAUT : PERTES MONDIALES DE SURFACE DE FORÊT PRIMAIRE DE 2002 À 2021 (HECTARES)  
 EN BAS : PERTES DE FORÊT PRIMAIRE PAR PAYS EN 2021 (HECTARES)

Source : [Global Forest Watch, 2022](#)







L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

## La reconnaissance des droits de la nature, un nouveau paradigme pour protéger les entités naturelles

**Les origines du mouvement : les droits de la nature, une réponse à l'échec relatif du droit de l'environnement**

Le mouvement des droits de la nature puise ses racines lointaines dans certaines cultures dites animistes d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie, où des peuples autochtones prêtent une âme aux éléments de la nature tels que les forêts ou les cours d'eau. Ce qui leur confère un caractère sacré au même titre qu'une vie humaine. Cependant, c'est aux États-Unis en 1972 que l'idée d'accorder des droits à la nature émerge clairement dans le sillage du mouvement dit de la « *deep ecology* ». Il s'agit d'un courant de pensée apparu dans les années 1970 qui veut instaurer une relation profonde entre l'homme et la nature, « *au-delà d'une simple réparation et de la limitation des dégâts écologiques* »<sup>12</sup>. À l'époque, à travers son article *Les arbres doivent-ils pouvoir plaider ?*<sup>13</sup>, le juriste Christopher Stone émet l'idée que la biodiversité pouvait disposer de droits et plaider sa cause lorsqu'elle est dégradée du fait de l'activité des humains.

Cette conception partait du constat suivant : les systèmes juridiques occidentaux tels que conçus ne permettent pas de protéger efficacement l'environnement. Ils sont pour la plupart fondés sur la *summa divisio*, un héritage du droit romain qui désigne la méthode juridique d'analyse et d'organisation en deux catégories. Ainsi, dans les systèmes juridiques occidentaux, on distingue les personnes titulaires de droits et devoirs d'une part, et les choses ou biens susceptibles d'appropriation d'autre part. Cette approche anthropocentrée a ainsi consacré la primauté des droits humains sur les éléments de la nature considérés comme secondaires. L'homme est alors appréhendé comme étant extérieur à une nature qui lui est soumise et sur laquelle il peut exercer sa domination. L'interdépendance entre l'homme et la nature est ainsi rejetée, ce qui a pour conséquences la surexploitation des ressources naturelles, la déforestation, la destruction de la biodiversité, la pollution des cours d'eau, la dégradation des sols. Dans cette dynamique, des mécanismes juridiques et politiques sont élaborés pour protéger les forêts et les cours d'eau. Cependant, ceux-ci s'avèrent pour la plupart limités par la prépondérance des intérêts économiques et un anthropocentrisme omniprésent. Pour les partisans du mouvement des droits de la nature, les crises écologiques telles que le changement climatique et la perte de biodiversité sont des conséquences des instruments juridiques qui traitent la nature comme une propriété humaine soumise à l'exploitation<sup>14</sup>. Face à cet échec relatif du droit, le mouvement amorcé par Christopher Stone et repris dans le monde entier propose l'idée originale de reconnaître un ensemble de droits aux entités naturelles telles que les rivières, les forêts ou les animaux.

### Des droits pour la nature et ses éléments

À l'inverse du droit de l'environnement classique qui appréhende la nature comme un objet, une chose, un bien ou une ressource à la disposition de l'homme, les droits de la nature ont pour objectif de reconnaître la nature comme une entité titulaire de droits. Dans cette conception, une forêt ou une rivière – entités non humaines – peut être considérée comme un sujet de droit, au même titre que les humains. Ces droits de la nature s'imposent à la société et aux humains en particulier qui sont moralement tenus de les respecter et de les protéger<sup>15</sup>. Il s'agit par exemple du droit d'exister, du droit de se développer, du droit de se régénérer ou d'être restauré, du droit de faire défendre ses intérêts en justice.

C'est en Amérique du Sud et en Océanie que ce mouvement a rencontré le plus de succès. Plusieurs pays ont ainsi reconnu le droit aux éléments de la nature d'exister et de se développer<sup>16</sup>. Il s'agit parfois d'une reconnaissance de droits pour un élément spécifique de la nature comme les rivières ou les forêts ou alors d'une reconnaissance des droits de la nature dans sa globalité.

C'est cette option qui a été choisie par le Panama en 2022. En effet, le Panama a récemment promulgué une loi sur les droits de la nature, qui garantit au monde naturel (faune, flore) le « droit d'exister, de persister et de se régénérer »<sup>17</sup>. Bien avant elle, la Bolivie, pionnière en la matière, avait également fait le choix de protéger tous les éléments naturels. À travers deux lois promulguées en 2010 et 2012, elle reconnaît la personnalité juridique de la Terre-nourricière, à qui elle octroie de nombreux droits tels que celui d'exister, d'être protégée et de faire respecter ses droits<sup>18</sup>. Deux ans plus tôt, en 2008, l'Équateur était le premier pays au monde à reconnaître les droits de la nature dans sa constitution. En Afrique, l'Ouganda est le seul État à ce jour ayant promulgué une loi en 2019 consacrant les droits de la nature<sup>19</sup>. Dans la même logique, mais cette fois par voie judiciaire, un tribunal indien a déclaré que la nature a un statut juridique comparable à celui des humains et que les humains sont tenus de la protéger<sup>20</sup>.

Au-delà de ces cas de reconnaissance des droits de la nature dans sa globalité, d'autres initiatives ont conduit à la reconnaissance des droits d'entités naturelles spécifiques telles que les fleuves et les rivières. Le cas le plus emblématique de cette innovation est la reconnaissance d'une personnalité juridique au fleuve Whanganui<sup>21</sup> en Nouvelle-Zélande en mars 2017<sup>22</sup>. Dans la même logique, mais dans le nord himalayen de l'Inde, le fleuve Gange et son principal affluent, la Yamuna, ont été reconnus par des juges comme personnes juridiques dotées de droits propres<sup>23</sup>. Aux États-Unis, ce sont des citoyens qui avaient décidé à travers un référendum d'octroyer au lac Érié une personnalité juridique afin de mieux le protéger face aux atteintes dont il fait l'objet.

Des droits ont aussi été octroyés à des forêts ou parcs naturels. C'est le cas en Inde où, dans le prolongement du jugement relatif au fleuve Gange, les juges ont étendu ces droits à l'ensemble des éléments composant l'écosystème himalayen (glaciers, ruisseaux et forêts). En Colombie, dans une affaire

introduite par de jeunes enfants qui se plaignaient de la déforestation de l'Amazonie qui portait atteinte à leur droit à un environnement sain, la Cour constitutionnelle avait par extension reconnu que la nature avait des droits au même titre que les êtres humains. La Cour a considéré que les citoyens faisaient partie d'un écosystème interdépendant dans lequel était incluse la forêt amazonienne. De ce fait, il était moralement concevable que la forêt soit titulaire de droits qui seraient protégés au même titre que les droits humains<sup>24</sup>. En Nouvelle-Zélande, sur la base des croyances séculaires d'une tribu locale qui considérait la montagne comme étant un être vivant, un accord conclu entre le gouvernement et cette tribu a reconnu à la montagne Taranaki une personnalité juridique et un ensemble de droits<sup>25</sup>.

À travers ces nombreux exemples de consécration dans le monde, il apparaît que le recours aux droits de la nature est devenu un levier d'action dont se servent désormais les ONG et les communautés locales pour préserver des écosystèmes naturels.

#### **Un moyen de lutter contre la déforestation, le changement d'affectation des sols et la pollution qui fragilisent les écosystèmes naturels.**

Le recours à ce procédé est par moment un acte militant efficace dont se servent des ONG, des populations locales ou des citoyens contre des projets aux conséquences environnementales désastreuses.

C'est le cas par exemple du parc national Serengeti en Tanzanie. « *Il s'agit du lieu de la plus grande migration animale restant intacte dans le monde, dans laquelle plus d'un million de gnous et des centaines de milliers d'autres ongulés (gazelles, zèbres) s'engagent dans une randonnée circulaire annuelle de 1 000 km, à cheval sur les deux pays voisins entre le Kenya et la Tanzanie* »<sup>26</sup>. Le parc possède plus de 500 espèces d'oiseaux et 300 espèces de mammifères (dont 80 grands mammifères). Du fait du changement d'affectation des terres, de la déforestation et du changement climatique, ce parc est menacé de disparition<sup>27</sup>. Pour le sauver, plusieurs initiatives lancées par des acteurs locaux parmi lesquels Kisula Yeyeye un activiste et membre de l'organisation Nature's Rights, visant à reconnaître le parc national Serengeti comme sujet de droit.

Au Nigéria, c'est la rivière Ethiopie<sup>28</sup> qui mobilise l'attention. Située au sud du pays, cette rivière traverse quatre départements locaux qui comptent plus d'1,7 million d'habitants. Cependant, l'eau de cette rivière est très polluée par les déchets industriels qui y sont déversés. Elle est aussi le réceptacle de déchets ménagers et agricoles, dont des pesticides. Face à l'inaction des autorités et des entreprises concernées, l'état de la rivière se dégrade. Dans ce contexte, une ONG nigériane, RETFON, appuyée par le Earth Law Center, a pris l'initiative de faire reconnaître l'Ethiopie comme un sujet de droit. Comme d'autres cours d'eau en Nouvelle-Zélande ou en Inde, l'Ethiopie aurait le droit de couler, de réaliser des fonctions essentielles dans son écosystème, d'être exempte de pollution, d'être alimentée par des aquifères durables, ainsi que le droit à la biodiversité et à la restauration<sup>29</sup>.

Aux États-Unis, Chuck O'Neal, un citoyen écologiste, a mené une campagne contre son comté d'Orange, en Floride. L'objectif était d'amender la charte du comté – sa mini-constitution – en y insérant des droits de la nature<sup>30</sup>. En effet, les cours d'eau à l'exemple de la rivière Wekiva subissaient la pollution des engrais agricoles, du ruissellement provenant des fosses septiques et de la mauvaise gestion des eaux pluviales. Grâce à ses efforts, l'amendement reconnaissant les droits de la nature a été voté en 2020 par 89 % des électeurs du comté. Dans l'agglomération de Toledo (Ohio), le lac Érié est aussi atteint par le ruissellement d'engrais et du fumier issus de l'agriculture industrielle. Ce qui le rend vulnérable à la prolifération d'algues bleu-vert. Pour mettre fin à cette situation et offrir au lac une protection optimale, lors d'un référendum les citoyens ont voté à 61,37 % en faveur du projet pour donner au lac le droit légal « *d'exister, de prospérer et d'évoluer naturellement* »<sup>31</sup>. Dans le Minnesota, les droits de la nature ont servi de rempart ultime au projet controversé de construction de l'oléoduc Line 3 de l'opérateur de pipeline Enbridge Energy, une entreprise canadienne spécialisée dans le transport de pétrole par oléoduc. Cet ouvrage à 2,6 milliards de dollars devait acheminer du pétrole des sables canadiens jusqu'au terminal d'Enbridge, sur les berges du lac Supérieur, le plus grand lac d'eau douce au monde. L'oléoduc devait traverser les eaux non tribales où des tribus de la réserve indienne de White Earth « *ont le droit de chasser, de pêcher et de récolter du riz en vertu de traités* »<sup>32</sup>. En décembre 2018, à travers la loi tribale « Rights of Manoomin », le peuple Ojibwés de la réserve de White Earth a reconnu au riz sauvage une personnalité juridique comprenant des droits tels que celui d'exister ou de prospérer. Estimant que ceux-ci étaient menacés par le projet d'oléoduc, les Ojibwés vont engager une action en justice<sup>33</sup>.

C'est en France que se trouve l'un des plus récents exemples de recours à ce levier. En effet, un projet d'enfouissement de déchets sur les rives du fleuve Tavignano, en Corse, suscite des inquiétudes. Le terrain devant accueillir le projet est classé en zone Natura 2000<sup>34</sup>. De ce fait, l'enfouissement des déchets risque d'exposer le fleuve à une pollution irréversible. Ce qui entraînerait des répercussions désastreuses du fait des fonctions écosystémiques du fleuve. Le fleuve approvisionne une partie de la côte en eau potable, « *irrigue les cultures environnantes et abrite des espèces protégées comme l'escargot de Raspail* »<sup>35</sup>. Décidés à sauver le fleuve et son écosystème, des militants écologistes rassemblés au sein du collectif Tavignanu Vivu œuvrent pour que le fleuve soit doté de droits au sens juridique du terme. Une première étape a été franchie avec l'adoption symbolique d'une déclaration des droits du fleuve en 2021. Soutenu par les collectivités locales de la région, le collectif souhaite faire reconnaître à cette déclaration une valeur légale qui renforcerait la protection du fleuve.

#### **Des autorités et gardiens chargés de protéger les droits reconnus à la nature**

Si le mouvement des droits de la nature bénéficie d'une dynamique positive dans sa consécration juridique auprès de la société civile organisée et des peuples autochtones, il demeure des doutes quant à l'effectivité du respect des droits conférés d'une part, et la manière dont ils seront défendus devant un juge d'autre part.



En ce qui concerne leur effectivité, le mouvement n'est encore qu'à ses débuts et les avancées sont relativement récentes. Néanmoins, quelques actions en justice relatives au respect des droits reconnus à la nature ont déjà été enregistrées<sup>36</sup>. S'agissant de la protection des droits proprement dits, des solutions originales ont été imaginées selon les pays. En Équateur et en Bolivie par exemple, tout citoyen est moralement tenu de veiller au respect des droits de la nature. Ainsi, une forêt peut être défendue par tout citoyen qui en constate le non-respect d'un droit. Les différents gouvernements sont également tenus de veiller au respect de ces droits.

Dans d'autres systèmes, comme en Nouvelle-Zélande, des gardiens sont désignés pour veiller au respect des droits des entités naturelles. C'est le cas de la rivière Whanganui qui dispose de deux gardiens (un nommé par la communauté maorie, ou iwi, et un autre par la Couronne) pour défendre ses intérêts. Ils sont donc les représentants légaux de la rivière. Parfois ce sont des comités de gouvernance qui sont créés afin de protéger les droits de l'entité naturelle concernée. C'est la solution retenue pour la montagne de Taranaki au sujet de laquelle huit tribus maories se partageront la tutelle avec le gouvernement. Au Bangladesh, une commission nationale de conservation des rivières a été mise en place pour veiller au bien-être des rivières et veiller au respect de leurs droits<sup>37</sup>.

Une autre interrogation porte sur la capacité de ce mécanisme à protéger réellement les entités naturelles concernées. Le cas de la forêt amazonienne en Colombie renforce cette inquiétude. En 2018, à partir d'un recours introduit par une vingtaine de jeunes soutenus par l'ONG Dejusticia, la Cour suprême de justice colombienne a reconnu à la forêt amazonienne une personnalité juridique<sup>38</sup>. Cependant, dans la pratique, l'impact de cette décision reste limité en raison de plusieurs facteurs tels que le manque de ressources économiques, logistiques et humaines<sup>39</sup>. Aussi, plusieurs personnes engagées dans la protection de la forêt amazonienne subissent des menaces. Par ailleurs, les terres continuent d'être accaparées par des particuliers, et la déforestation suit son cours à un rythme toujours plus inquiétant<sup>40</sup>. Depuis le dépôt des armes par la guérilla des Farc en 2016, l'expansion des terres agricoles et de la culture de la coca accélère le rythme des pertes forestières : en 2021, 174 103 hectares de forêts ont disparu, soit 1,5 % de plus qu'en 2020.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Alors que les forêts, les cours d'eau, et autres éléments de la nature subissent des atteintes anthropiques, aux effets néfastes, se développe en parallèle un mouvement qui promeut un mécanisme nouveau : la personnalité juridique de la nature. Cela consiste à reconnaître à la nature des droits fondamentaux par le biais d'une juridiction ou d'une loi. Face à l'échec relatif du droit de l'environnement classique, les droits de la nature sont devenus une alternative sérieuse dans de nombreux pays du monde entier, à l'instar de l'Équateur, de la Bolivie, de la Nouvelle-Zélande, de l'Inde, de la Tanzanie, du Nigeria, etc. Les communautés autochtones, les ONG, les citoyens s'en servent désormais comme un bouclier face aux menaces qui pèsent sur les rivières, les fleuves, les forêts. Si, dans certains pays, des résultats notables sont enregistrés, l'effectivité des droits conférés à la nature doit encore être éprouvée sur le long terme, au vu des difficultés rencontrées pour enrayer la destruction des forêts notamment.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 WRI (2022). [Global Forest Review 2022](#). World Resource Institute
- 2 FAO (2022). [The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient, and sustainable economies](#). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 3 Burley, H., Thomson, E. (2022). [A climate wake-up : but business failing to hear the alarm on deforestation](#). Global Canopy, Oxford, UK.
- 4 Weisse, M., Goldman, L. (2022). [Forest Loss Remained Stubbornly High in 2021](#). Global Forest Watch
- 5 *Ibid.*
- 6 FAO (2020). [Global Forest Resources Assessment 2020 : Main report](#). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 7 FAO (2021). [L'État des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde - Des systèmes au bord de la rupture. Rapport de synthèse 2021](#). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 8 FAO (2022). The State of the World's Forest, *op. cit.*
- 9 FAO (2022). L'État des ressources en terres et en eau, *op. cit.*
- 10 FAO (2021) (conf. note 6).
- 11 Putzer A., Lambooy T., Jeurissen R. & Kim J. (2022). [Putting the rights of nature on the map. A quantitative analysis of rights of nature initiatives across the world](#). *Journal of Maps*.
- 12 Charmetant, E. (2015). [Écologie profonde : une nouvelle spiritualité ?](#). *Revue Projet*, 347, pp. 25-33.
- 13 Stone, C. D. (1972). [Should Trees Have Standing? - Toward Legal Rights for Natural Objects](#), *Southern California Law Review*, 45, pp. 450-501.
- 14 Surma, K. (25/02/2022), [Le Panama promulgue une loi sur les droits de la nature, garantissant le « droit d'exister, de persister et de se régénérer » du monde naturel](#). *Inside Climate News*.
- 15 Boyd, D. (2017). The rights of nature : A legal revolution that could save the world. *ECW Press*.
- 16 Cyrus R. Vance Center for International Justice and al. (2020). [Rights of Rivers. A global survey of the rapidly developing Rights of Nature jurisprudence pertaining to rivers](#).
- 17 République du Panama, [Loi n° 287 du 24 juillet 2022](#).
- 18 Cyrus R. Vance Center for International Justice and al. (2020). Rights of Rivers, *op. cit.*
- 19 *Ibid.* p. 49.
- 20 Surma, K. (04/05/2022). [Indian Court Rules That Nature Has Legal Status on Par With Humans and That Humans Are Required to Protect It](#). *Inside Climate News*.
- 21 Voir la carte du fleuve : <https://teara.govt.nz/en/map/2174/map-of-the-whanganui-river>
- 22 [Te Awa Tupua \(Whanganui River Claims Settlement\) Bill](#), 14/03/2017.
- 23 Calmet, M. (27/12/2017). [2017, une année décisive pour les droits de la nature](#). *Nature Rights*.
- 24 Cyrus R. Vance Center for International Justice and al. (2020). Rights of Rivers, *op. cit.*
- 25 [Mount Taranaki Record of Settlement](#), 20/12/2017.
- 26 OIDN, (13/06/2022). [The Rights of Nature : An ancient and emerging concept in Africa](#). *Observatoire International des Droits de la Nature*.
- 27 The Norwegian University of Science and Technology (21/05/2015). [Serengeti Park disappearing](#). *ScienceDaily*
- 28 [Google Maps River Ethiopie](#)
- 29 Blain, N. (08/05/2018). [Bientôt une première rivière dotée de Droits en Afrique ?](#) *Droits de la nature*.
- 30 Surma, K. (19/09/2021). [Does Nature Have Rights? A Burgeoning Legal Movement Says Rivers, Forests and Wildlife Have Standing, too](#). *Inside Climate News*.
- 31 Bouvier, P. (28/02/2022). [Aux Etats-Unis, le lac Erié a désormais le droit légal « d'exister et de prospérer naturellement »](#). *Le Monde*.
- 32 Cabanes, V., Toussaint, M. (17/07/2019). [Le riz sauvage reconnu sujet de droit](#). *Politis* n° 1562.
- 33 CDER, [Rights of Manoomin \(Wild Rice\) : White Earth Law and Enforcement Case](#). CDER.
- 34 <http://www.natura2000.fr/natura-2000/que-est-ce-que-natura-2000>
- 35 Faure V. (11/07/2022). [En Corse, le combat du fleuve qui parle](#). *Le Monde*.
- 36 Cyrus R. Vance Center for International Justice and al. (2020) (conf. note 11).
- 37 Green Citizens (18/02/2022). [Les droits de la nature : quand l'environnement devient une entité vivante](#). *Unesco Green Citizens*.
- 38 Cour suprême de justice, [Claudia Andrea Lozano Barragán, et al. c. Présidence de la République et al.](#), 5 avril 2018.
- 39 Perruso, C. (2020). « [Jeunes c. Colombie \(2018\)](#) », in Cournil, C., *Les grandes affaires climatiques, Confluence des droits*. Aix-en-Provence : droits International, comparé et européen.
- 40 [Courrier international \(01/08/2022\). Incontrôlée, la déforestation continue d'empirer en Colombie](#).



TENDANCES  
AGRICULTURE

# La filière café face au changement climatique

AUDE VALADE • Chercheuse, CIRAD

Le café est la matière première agricole la plus échangée sur les marchés mondiaux en valeur. Alors que les producteurs sont localisés exclusivement dans les pays du Sud, les transformateurs et consommateurs sont très majoritairement situés dans les pays du Nord, plaçant ainsi la filière au cœur de l'économie mondialisée : seuls 30 % des volumes de café échangés sont consommés dans leur pays de production. Aux deux bouts de la chaîne, la vulnérabilité de la filière café aux changements climatiques fait peser des risques socioéconomiques sur des millions de petits cultivateurs comme sur les grands acteurs de la distribution.



## PANORAMA DES DONNÉES

### Crise climatique, difficultés économiques, demande en hausse : le café, une filière sous tension

#### La concentration croissante d'une filière en expansion vouée à l'export

La production globale de café a augmenté de 60 % depuis les années 1990<sup>1</sup>. Entre 2000 et 2019 en particulier, la production et la consommation de café ont connu une progression d'environ 2 % par an en moyenne et des projections basées sur la croissance démographique misent sur une multiplication par deux ou trois de la demande d'ici à 2050<sup>2</sup>, selon l'évolution des habitudes de consommation. Le café est une matière première très échangée sur les marchés internationaux : 70 % de la production mondiale est exportée, la plupart du temps depuis les pays en développement vers des pays du Nord. 56 % de la consommation mondiale de café est concentrée en Amérique du Nord, en Europe et au Japon<sup>3</sup>. La hausse de la production depuis les années 1990 est tirée par trois pays principalement<sup>4</sup>, avec deux moteurs différents. Au Brésil (+86 %), premier producteur mondial, c'est une augmentation de la productivité des plantations qui explique la croissance<sup>5</sup> alors qu'au Vietnam (+105 %) et en Éthiopie (+136 %), cette augmentation s'explique par l'expansion des surfaces cultivées<sup>6,7</sup>. La forte croissance de la production dans ces pays tire leurs parts de marché au détriment des petits pays producteurs. Ainsi, en 2018 les cinq plus gros producteurs de café occupaient 62 % des parts de marché, contre seulement 47 % en 1995<sup>8</sup>.

La structure de la filière est aussi source d'inégalités. La production de café repose principalement sur 25 millions de petits producteurs qui couvrent 80 % de la production mondiale<sup>9</sup> mais qui ne bénéficient que marginalement des bénéfices

créés par les acteurs en aval de la filière, responsables d'une grande partie de la valeur ajoutée de la chaîne de valeur, par des assemblages de café, des classes différentes de torréfaction, des attributs symboliques fournis dans les bars et cafés<sup>10</sup>.

#### Des chocs en chaîne renforcent les inquiétudes déjà fortes face au changement climatique

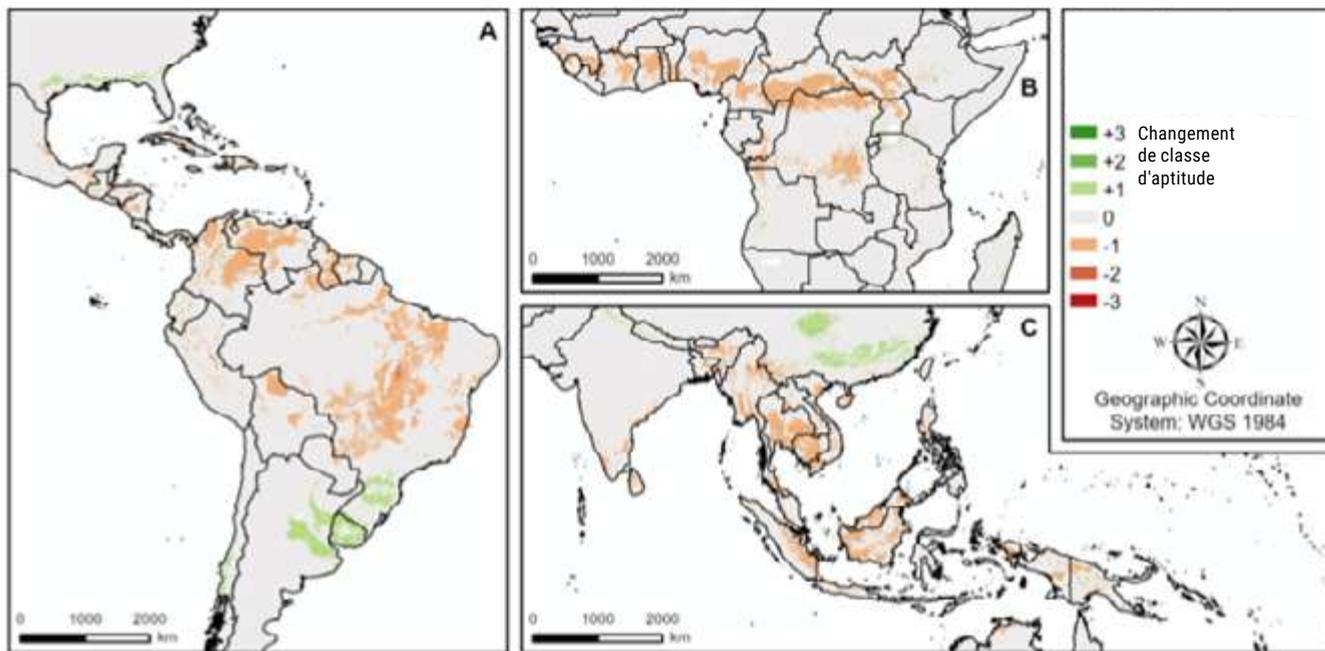
Malgré cette tendance générale de la production et de la consommation à la hausse, à court terme, les conditions économiques et climatiques mondiales et leurs chocs créent de nombreuses variabilités dans l'offre et la demande de café qui se reflètent sur un cours très volatil. Après une tendance robuste à la baisse depuis 2016, le cours du café a en effet doublé entre 2020 et 2022 pour atteindre 200 centimes de dollar US par livre (cts/livre) après deux années de chocs successifs. En 2020, les confinements de par le monde font chuter la consommation. La production est également perturbée par une pénurie de main d'œuvre disponible et le gel des circuits de distribution internationaux<sup>11</sup>. En 2021, alors que la consommation repart, une sécheresse exceptionnelle et des épisodes de gel au Brésil font plonger la production mondiale : le cours du café est alors au plus haut. En 2022, la consommation chute une nouvelle fois, dans le sillage des demandes russe et ukrainienne. La tension entre offre et demande se relâche un peu mais les prix restent à des niveaux supérieurs à 200 cts/livre.

Les effets à moyen terme de la crise du Covid-19 sur la production de café sont encore incertains. Malgré l'augmentation des prix qui pourraient pousser les producteurs à investir, les difficultés conjoncturelles des petits producteurs rappellent plutôt les effets de la crise économique de 2008. La chute des prix et des moyens alors accordés au suivi sanitaire des plantations avait conduit à l'abandon de nombreuses plantations où le champignon provoquant la rouille du caféier avait pu proliférer avant de se répandre sur le continent américain entre 2008 et 2013<sup>12</sup>. En 2022, le cours du café est

**FIGURE 1**

**CHANGEMENT D'APTITUDE DES TERRES POUR LE CAFÉ EN 2050 SELON LE SCÉNARIO RCP 4.5 (ÉMISSIONS INTERMÉDIAIRES)**

Source : [Grüter et al., 2021](#)



au plus haut mais l'inflation fait également monter le cours du pétrole et donc des fertilisants.

La vulnérabilité de la filière face au changement climatique inquiète. Les aires favorables à la culture du café pourraient ainsi se réduire de 50 % d'ici 2050 selon des simulations climatiques (FIG. 1)<sup>13,14</sup>. Les caféiers ne se développent que dans des zones climatiques particulières : températures entre 18 et 23 °C à des altitudes entre 1 000 et 2 000 m pour l'arabica, qui représente 70 % de la production mondiale ; températures entre 22 et 30 °C à des altitudes inférieures à 800 m pour le robusta, malgré une température optimale récemment revue à la baisse autour de 20,5 °C<sup>15</sup>. Le changement climatique fait donc peser cinq risques principaux sur les cultures<sup>16,17</sup> : le déplacement des aires favorables à des altitudes plus importantes, l'augmentation du stress hydrique, des températures trop élevées pour permettre la floraison et la croissance des fruits, la propagation des ravageurs et des maladies, et l'accroissement de la vulnérabilité des petits producteurs et productrices.

L'inquiétude ne vient pas seulement des plantations mais aussi de la vulnérabilité des caféiers sauvages, réservoirs de diversité génétique, puisque 60 % de toutes les espèces de café sauvage sont menacées d'extinction en raison du changement climatique mais aussi de la déforestation et de la prolifération des attaques de pathogènes<sup>18,19</sup>.

**Des cafés aux empreintes environnementales différentes**

L'empreinte carbone du café peut être calculée par des analyses de cycle de vie (ACV) qui additionnent les émissions de chaque étape de fabrication du café : fabrication d'engrais à partir de gaz fossile, plantation, récolte, traitement des

cerises pour donner le café vert, transport des grains de café, torréfaction. Le périmètre de l'analyse peut être étendu pour prendre en compte les étapes de la commercialisation avec les émissions liées à l'emballage, à la distribution, à la fabrication et l'utilisation de machines pour préparer le café jusqu'au consommateur, à la collecte et au recyclage des contenants, et même aux émissions liées au fonctionnement de l'entreprise. Malgré la standardisation des méthodes d'ACV, les analyses de cycle de vie évaluant l'empreinte carbone d'une tasse de café donnent des résultats très variés selon l'origine du café, sa culture, son transport. Une étude globale sur l'empreinte carbone des denrées alimentaires a ainsi évalué les émissions liées à la culture du café à 17 kgCO<sub>2</sub>e/kg de café vert<sup>20,21</sup>. Une autre étude, centrée sur du café costaricien bio consommé en Allemagne, trouve une valeur de 5 kgCO<sub>2</sub>e/kg de café vert<sup>22</sup>. Au Vietnam et au Brésil, avec des pratiques conventionnelles et une exportation de la production, on trouve 16,04 et 14,61 kg CO<sub>2</sub>/kg respectivement, qui sont réduites à 3,64 et 3,37 kgCO<sub>2</sub>/kg avec des pratiques durables, en particulier grâce au transport par cargo et non par avion qui réduit la part du transport dans les émissions de CO<sub>2</sub> de 70 % à 6 et 11 % pour le Vietnam et le Brésil respectivement<sup>23</sup>. Lorsque le transport est négligé, comme dans le cas d'une étude sur la consommation locale de café bio en Thaïlande, les étapes liées à la culture et à la récolte, représentent jusqu'à 80 % des émissions totales<sup>24</sup>. Avec une telle importance des étapes de la culture, les pratiques conventionnelles ont alors des émissions moindres que les pratiques bio puisqu'elles augmentent le rendement par unité de surface.

**La certification en baisse**

La certification volontaire tente en partie de répondre à cette préoccupation. On comptabilise 1,8 à 3,8 millions d'hectares

de cultures couvertes par un des cinq standards volontaires disponibles pour le café, soit entre 16 et 34 % des superficies globales de culture de café<sup>25</sup>. Malgré une demande croissante des pays importateurs, une hausse initiale des certifications de 78 % entre 2011 et 2016, la certification du café a diminué globalement depuis le milieu des années 2010 : -31,5 % entre 2015 et 2019 (FIG. 2)<sup>26,27</sup>. À l'inverse des autres matières premières certifiées, qui poursuivent leur augmentation, en particulier le coton et l'huile de palme. L'évolution de la part de café certifié s'explique par les difficultés des petits producteurs à investir, dans un contexte d'augmentation des coûts de production, de perturbation des chaînes d'approvisionnement et de demande trop faible pour ces produits qui sont finalement parfois vendus sans leur label<sup>28</sup>. En effet, seuls 52 % et 57 % de la production de café certifiée par les labels Rainforest Alliance et UTZ est vendue comme telle.

consortium de sociétés impliquées à tous les niveaux de la filière agroalimentaire. Un des objectifs de *Cool Farm* est de placer les producteurs au cœur de la lutte contre le changement climatique. En 2022, un projet pilote a permis de déployer *Cool Farm* dans des exploitations de café bio. Le cultivateur indique dans une application son rendement, sa superficie, sa consommation d'engrais, sa consommation énergétique et obtient en quelques minutes une estimation de son empreinte carbone avec des clés pour comprendre les implications environnementales de ses pratiques. Dans le cadre de ce projet pilote, 250 cultivateurs volontaires vont partager leurs données et 200 000 \$ de bonus carbone seront distribués aux cultivateurs qui auront pu montrer, grâce à l'outil *Cool Farm*, la séquestration de carbone dans leur exploitation.



## Le cycle de vie du produit comme premier levier d'action pour les entreprises

Depuis plusieurs années déjà, les acteurs de la filière, des petits entrepreneurs aux entreprises majeures de la distribution, tentent de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> liées à leurs activités et à la consommation de café dans les pays du Nord. Chaque société vise une ou plusieurs étapes du cycle de vie des produits.

Les distances intercontinentales entre producteurs et consommateurs placent le transport comme un processus déterminant des émissions de CO<sub>2</sub> du café. La société Grain de Sail, née en 2010, tente d'actionner le levier du transport bas carbone pour le transport international de matières premières agricoles. Quatre ans de recherche et de développement ont abouti à la fabrication d'un voilier de charge innovant répondant aux normes d'expéditions internationales certifiées par des experts indépendants (Bureau Veritas et centre de sécurité des navires) en faisant un véritable navire de transport de marchandises avec une capacité de charge de 50 tonnes en cale réfrigérée par des énergies bas carbone. Ainsi, du café bio et de haute qualité est transporté en voilier cargo pour être torréfié avec des méthodes haut de gamme dans une structure centrée sur l'insertion professionnelle des personnes en situation de handicap.

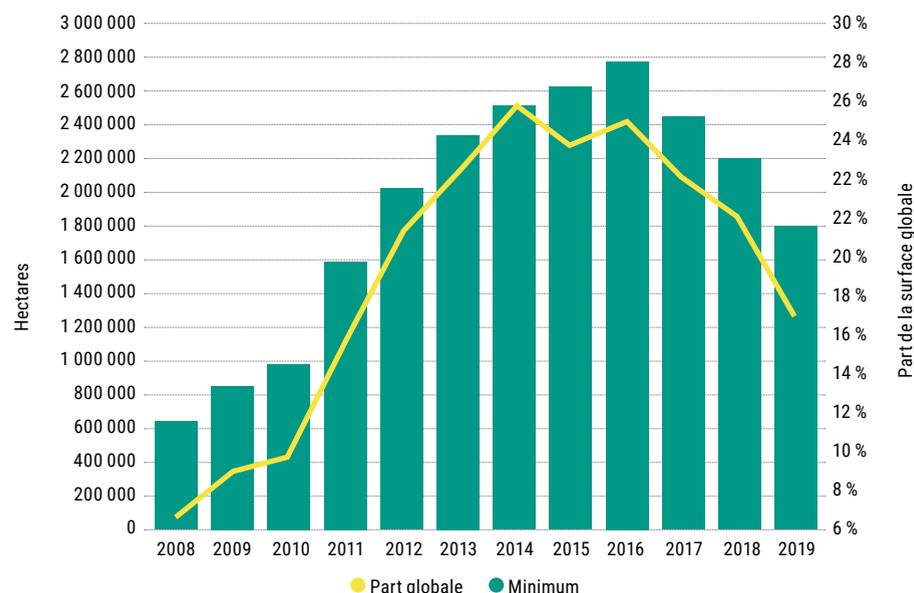
Au niveau de la production, des outils génériques sont destinés directement aux cultivateurs et cultivatrices comme l'outil « *Cool Farm* », un outil numérique développé par un

En aval de la chaîne de valeur, un acteur du marché de la capsule se démarque en s'attaquant aux émissions liées à la préparation finale du café chez le consommateur en s'in-

FIGURE 2

ÉVOLUTION DE LA SUPERFICIE DE CULTURE DE CAFÉ SOUS STANDARD DE CERTIFICATION VOLONTAIRE

Source : ITC, 2021





téressant à la fabrication de ses cafetières. Le torréfacteur Malongo a ainsi lancé en 2021 la cafetière « éthique » *Eoh*, dont 60 % des pièces sont de fabrication française et dont l'assemblage est réalisé en Vendée. La cafetière fonctionne avec des dosettes en papier naturel et est garantie cinq ans – contre une obligation légale de deux ans.

Nespresso est un leader du secteur sur le segment du café en capsules et a un regard sur le cycle de vie complet de son café. Selon l'ACV menée pour Nespresso en 2020, 49 % des émissions d'une tasse de café sont dues aux étapes de culture du café, en raison principalement de la fertilisation (14 %) et la déforestation (13 %)²⁹. En 2014, Nespresso a investi 600 M€ dans le développement du plan « *The Positive Cup* » (« tasse positive »), qui vise notamment à atteindre 100 % de sources durables pour la gamme permanente de « Grands Crus », à accroître les capacités de collecte des capsules aluminium et à ne vendre que des capsules « neutres en carbone »³⁰ dès 2022 sur cinq de ses marchés (USA, France, Autriche, Australie, Nouvelle-Zélande) couvrant 41 % de l'empreinte carbone de Nespresso dans le monde³⁰. Le rapport final du plan³¹ décrit les progrès réalisés. Ainsi, concernant la culture, 93 % du café acheté en 2021 par Nespresso respecte les règles de son propre programme AAA Qualité durable contre 84 % en 2014 ; 48 % est certifié par les labels Fairtrade ou Rainforest Alliance contre 39 % en 2014. Depuis 2014, plus de cinq millions d'arbres ont été plantés, l'agroforesterie étant un des piliers du programme AAA, qui s'inscrit également en soutien aux objectifs de développement durable (ODD) de l'Onu. Le taux de recyclage des capsules atteint 32 % en 2020. L'objectif de 100 % d'aluminium vierge certifié « ASI » dans les capsules a été reporté et réorienté vers des objectifs d'intégration d'aluminium recyclé.

Le plan mis en œuvre pour atteindre la « neutralité carbone » des capsules repose sur six types d'actions d'atténuation et de compensation : régénération des parcelles cultivées à chaque cycle pour éviter la déforestation, *ecodesign* des capsules de café et des emballages en utilisant des matériaux recyclés et/ou recyclables, utilisation d'énergies renouvelables pour les usines et boutiques, recyclage des capsules utilisées et du marc de café collecté, optimisation de la logistique de distribution, plantation d'arbres et reforestation dans et autour des plantations de café. En 2021, les émissions restantes que Nespresso doit compenser par des financements de projets carbone certifiés sur les marchés volontaires pour atteindre la neutralité carbone sur les cinq marchés ciblés sont de 506 760 tCO<sub>2</sub>e/an. Le poids de la compensation reste donc très important et devrait le rester avec un objectif de réduction d'émissions fixé dans l'engagement de neutralité carbone à 20 % entre 2018 et 2025. La conformité de Nespresso à ses objectifs d'empreinte carbone et de neutralité carbone est évaluée par une tierce partie, Carbon Trust Assurance, sur la base des normes ISO 14067 (empreinte carbone des produits) et PAS 2060 (neutralité carbone)<sup>b</sup>, qui laissent une forte place à la compensation.

Aussi, malgré les efforts importants réalisés, on peut noter que la part de l'activité de Nespresso couverte par ces engagements, soit la production et la distribution des capsules commercialisées par Nespresso sur cinq de ses marchés, ne représente que 41 % des émissions globales de la société, qui reste largement dépendante de la compensation carbone.

Au Costa Rica, la société Coopedota est parvenue à faire certifier son café neutre en carbone dès 2011, par l'institut PAS 2060 également. La certification a été obtenue après la transformation des techniques utilisées par la coopérative comme l'utilisation des résidus de biomasse pour la production d'énergie – soit par la production d'éthanol extrait des effluents pour produire du carburant, soit sous forme de combustion de déchets végétaux dans une unité de production d'électricité – ou l'utilisation de leur propre compost comme fertilisant. Entre 2007 et 2009, la coopérative Coopedota a ainsi réduit ses émissions de 3 889 tCO<sub>2</sub>e à 938 tCO<sub>2</sub>e, soit une réduction de 75 %.

### L'ombre de la déforestation plane sur l'empreinte climatique de la filière et inquiète les consommateurs

Alors que la demande de café augmente de 2 % par an, le changement climatique menace les rendements des producteurs. Par conséquent, des voix s'inquiètent des risques de déforestation liés au café, déjà visibles dans certains pays. Au Vietnam par exemple, la production est passée de 19 400 tonnes/an en 1980 à 1,76 million de tonnes en 2016. Si l'augmentation des rendements, qui sont aujourd'hui de 3,5 tonnes/ha (contre 0,8 t/ha en Thaïlande par exemple) a participé à ce boom, c'est surtout l'expansion des surfaces cultivées qui a permis au pays de devenir le deuxième producteur mondial. La surface de production est ainsi passée de 50 000 hectares en 1986 à plus d'1,4 million d'hectares en 2015, une tendance qui se maintient puisque la surface de culture de café a encore augmenté de 21 % entre 2010 et 2018. Le rapport de Forest Trends estime ainsi qu'en 2019, la déforestation pour le café au Vietnam a conduit à l'émission d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub><sup>32,33</sup>.

La lutte contre la déforestation dans la filière café s'organise à plusieurs niveaux. Au niveau institutionnel, les réglementations se durcissent. En Europe, le Parlement européen a amendé en septembre 2022 la proposition de la Commission européenne visant à contraindre les sociétés privées à s'assurer que les biens de filières agricoles, parmi lesquels le café, vendus en Union européenne n'ont pas été cultivés sur des terres déforestées après le 31 décembre 2019<sup>34</sup>.

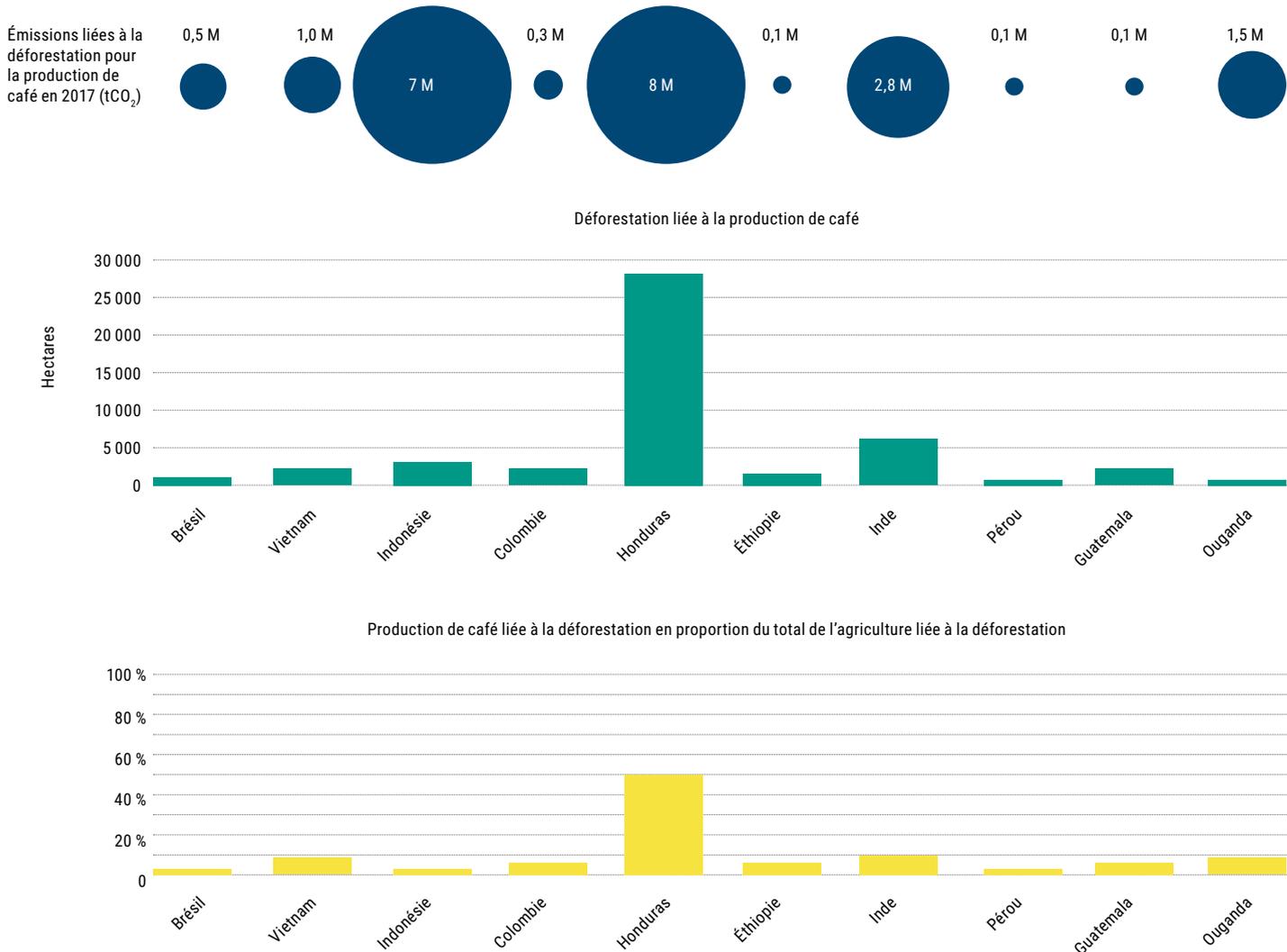
Au niveau des entreprises, des consortiums ont été créés. Le « *Sustainable Coffee Challenge* », lancé en 2015 à l'initiative de Starbucks et de l'ONG Conservation International, rassemble aujourd'hui 164 partenaires acteurs de la filière. Parmi ces partenaires, 105 ont signé 166 engagements sur leurs actions pour la soutenabilité de la filière, dont 33 % de torréfacteurs, 21 % de distributeurs, 19 % d'investisseurs, et 17 % d'ONG<sup>35</sup>. Le

a L'application du concept de neutralité carbone à l'échelle d'un produit fait débat. Pour en savoir plus, voir le dossier spécial « Neutralité et compensation carbone » in Observatoire de l'action climat non-étatique (2022). Bilan mondial de l'action climat par secteur. *Climate Chance*.

b *Idem*. Pour en savoir plus sur le PAS 2060, voir le dossier spécial « Neutralité et compensation carbone » in Observatoire de l'action climat non-étatique (2022). Bilan mondial de l'action climat par secteur. *Climate Chance*.

**FIGURE 3**

PERTE DE SURFACES DE FORÊT ET ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> LIÉES À LA DÉFORESTATION POUR LA PRODUCTION DE CAFÉ DANS LES 10 PREMIERS PAYS PRODUCTEURS - Source : [Treanor, N.B., Saunders, J., 2021](#)



*Sustainable Coffee Challenge* incite ses partenaires à aligner leurs engagements avec les ODD de l'Onu. Ainsi, 50 % des engagements sont alignés avec l'ODD n°12 « consommation et production responsables », 39 % avec l'ODD 8 « travail décent et croissance économique », 31 % avec l'ODD 2 « faim », 35 % avec l'ODD 13 « action climatique » et 32 % avec l'ODD 15 « vie sur terre ». Cependant, le rapport 2021 sur les engagements des partenaires estime que seulement 10 % des engagements pris pour 2020 ont été tenus et le rapport 2022<sup>36</sup> que seuls 36 % des partenaires rendent compte de leurs progrès une fois l'engagement signé.

De par le grand nombre de petits producteurs, le suivi et la vérification de la déforestation à l'échelle de l'exploitation est complexe. Des outils numériques sont donc aujourd'hui plébiscités par les gouvernements, les ONG, les sociétés ou

les instituts de certification pour évaluer les risques de déforestation. L'outil GRAS (*Global Risk Assessment Services*)<sup>c</sup> en est un exemple. Financé par le ministère allemand de l'alimentation et de l'agriculture et développé par une équipe multidisciplinaire composée entre autres d'une société de conseil sur l'utilisation des ressources naturelles, d'un institut de certification et d'un centre de recherche en aérospatiale, GRAS utilise des images satellitaires à haute résolution et des données sur les surfaces forestières, zones protégées et une chronologie des déforestations passées afin d'estimer pour chaque exploitation le risque de déforestation. L'outil de certification de café 4C utilise cet outil de cartographie pour réaliser ses audits.

La lutte contre la déforestation est aussi animée par la pression des consommateurs dans les pays à hauts revenus, où

<sup>c</sup> <https://www.gras-system.org/>

le marché pour les cafés certifiés durables augmente avec la prise de conscience des citoyens de la crise climatique. Pour répondre à cette demande, torréfacteurs et distributeurs multiplient les actions. Le torréfacteur français Malongo s'est engagé depuis les années 1990 dans une démarche de durabilité. En 2022, 65 % du volume de café importé par Malongo est certifié Max Havelaar, et 28 % est certifié agriculture biologique (AB). Pour aller plus loin dans la traçabilité du café vis-à-vis des consommateurs, Malongo renseigne maintenant sur toutes ses boîtes de café, via un QR code, les villages fournisseurs, la chronologie des débarquements dans les différents ports, les dates de contrôle et de torréfaction, le mode de préparation<sup>37,38</sup>. Outre les torréfacteurs, certains géants de la distribution prennent des engagements pour les cafés estampillés de leurs marques propres. En Europe, c'est le cas par exemple pour Aldi, Lidl et Sainsbury's, qui s'engagent à ne se fournir qu'avec des cafés certifiés UTZ, Fairtrade, Fairtrade USA ou Rainforest Alliance. En 2022, 53 % du café quotidien vendu par Aldi est certifié durable, 100 % pour le café de la marque Simply Nature<sup>39</sup>. Les engagements des distributeurs passent aussi par le financement de projets au plus près des producteurs comme le « projet Guatemala » lancé par Lidl en 2018. Alors que les femmes au Guatemala ont moins accès aux financements, à la terre et aux technologies que les hommes, et que 70 % d'entre elles seulement sont alphabétisées, le « projet Guatemala » vise à la fois des enjeux environnementaux et sociaux. Pour cela, 92 exploitations gérées par des femmes sont accompagnées afin de les aider à augmenter leur productivité et leur résilience au changement climatique par des plans climat, des formations et de l'assistance technique pour adapter les pratiques culturales et l'introduction de nouvelles variétés, mais aussi un volet sur le développement des compétences en business, management et questions de genre pour l'autonomisation des femmes<sup>40</sup>.

#### **Adapter les variétés cultivées et les pratiques : intensification conventionnelle versus agroécologie**

Des 214 variétés de caféiers connues aujourd'hui, la production mondiale repose sur seulement deux : l'arabica avec 56 % de la production globale et robusta avec 43 %. Avec une faible tolérance à l'augmentation des températures et une forte vulnérabilité à la rouille du café, l'arabica est le plus vulnérable au changement climatique. Plus résilient, le robusta résiste mieux aux températures élevées et à la rouille mais est de moindre qualité gustative.

Une première voie d'adaptation de la culture du café en maintenant les variétés cultivées actuellement est le changement des pratiques. En effet, le café peut être cultivé en plein soleil ou en agroforesterie avec des arbres plantés entre les caféiers pour leur faire de l'ombre. Le développement de la culture en agroforesterie apparaît aujourd'hui comme une pratique à la fois utile pour l'adaptation et pour l'atténuation en permettant de diminuer la température pour les plants de caféiers protégés des rayons solaires tout en augmentant la séquestration de carbone dans les parcelles<sup>41</sup>. Le stock de carbone dans les parcelles agroforestières serait en effet trois à quatre fois supérieur à celui dans les monocultures<sup>42,43</sup>.

Une deuxième option est de s'appuyer sur la diversité génétique des caféiers pour chercher d'autres variétés adaptées aux conditions climatiques futures et résistantes aux maladies et pathogènes tout en maintenant la qualité des cerises de café. La difficulté de cette stratégie provient de la quasi-extinction des variétés sauvages de café : une étude de 2019 a ainsi estimé que 60 % des variétés de café étaient menacées<sup>44</sup>. L'Éthiopie et le Soudan sont les deux seuls pays où l'arabica pousse à l'état sauvage. À l'autre extrémité du continent, en Sierra Leone, des chercheurs aiguillés par des spécimens historiques conservés par les jardins botaniques royaux (Royaume-Uni) ont localisé un peuplement de *Coffea Stenophylla*, une variété autrefois cultivée mais qui n'avait plus été observée à l'état sauvage depuis les années 1950<sup>45</sup>. L'intérêt de cette variété est qu'elle supporte des températures plus élevées de 6°C que l'arabica et 2°C plus élevées que le robusta, tout en tolérant les périodes de sécheresse. De plus, les tests gustatifs menés dans un laboratoire d'analyse sensorielle par un panel d'experts lui ont attribué des qualités équivalentes à celles des arabicas<sup>46</sup>. Des essais agronomiques sont en cours de lancement au Sierra Leone et sur l'île de La Réunion<sup>47</sup>.

Une autre approche repose sur des sélections génétiques au sein d'une même variété et font appel à des collaborations entre chercheurs généticiens, agronomes et agriculteurs. Le projet de recherche BreedCAFS, financé par l'Union européenne à hauteur de 6 M€, a ainsi rassemblé chercheurs et agriculteurs pour sélectionner des variétés de café à la fois résistantes aux risques sanitaires et climatiques et à haute valeur gustative afin de préserver les revenus des exploitations. Les chercheurs ont développé des variétés hybrides F1 (de première génération) d'arabica obtenues par des croisements entre des variétés américaines et des accessions sauvages originaires d'Éthiopie. Ces hybrides, qui ont été retenus pour leur bonne capacité d'adaptation à l'ombre en maintenant une bonne productivité, ont été testés au Vietnam, au Cameroun, au Nicaragua et au Costa Rica. Au Vietnam, par exemple, 40 000 plants ont été distribués à douze agriculteurs, toujours en parallèle de la variété arabica Catimor utilisée comme témoin pour contrôle. Les agriculteurs ont alors cultivé les plants hybrides dans leurs exploitations localisées à différentes élévations, en utilisant des arbres d'ombrage et parfois en intercalant des cultures annuelles entre les caféiers. L'Académie du Vietnam des sciences agricoles et l'Institut de génétique agricole ont ensuite suivi la croissance et l'état sanitaire des plants jusqu'à la première récolte, qui a alors été évaluée pour sa quantité et ses propriétés gustatives<sup>48</sup>. Dans les quatre pays où l'expérience a été menée, les gains de productivité allaient de 10 à 20 % et la résistance aux maladies permettaient de réduire l'utilisation de pesticides de 15 à 20 %. L'expérience s'est donc étendue et un processus d'accréditation des nouvelles variétés est en cours.



## Les coopératives s'organisent pour la résilience socio-écologique de la filière

Pour faire face au changement climatique et aux crises économiques, les coopératives offrent des organisations résilientes. Les coopératives permettent aux producteurs d'accéder à des formations sur les pratiques agricoles adaptées aux risques climatiques mais aussi de mettre en commun des services de transformation, de distribution, et ainsi d'augmenter leurs profits et donc d'augmenter leurs investissements.

Avec plus d'1,5 million de producteurs de café, l'Ouganda cultive les deux variétés de café : le robusta dans les plaines centrales et l'arabica sur les hauteurs dans l'Est du pays. Avec 78 % d'individus de moins de 30 ans, l'Ouganda a aussi la deuxième population la plus jeune du monde. Les exploitations diffèrent par de nombreux critères – l'altitude, la superficie allouée aux cultures, le type de cultures associées aux caféiers, les membres du foyer travaillant hors de l'exploitation, ou encore la présence ou non d'élevage. Une étude a récemment exploré les liens entre caractéristiques de l'exploitation, perception des risques climatiques et adoption de stratégies d'adaptation<sup>49</sup>. La chercheuse a ainsi montré que l'adoption de pratiques d'adaptation diffère selon le niveau d'éducation du chef ou de la cheffe de famille, la dimension de l'exploitation et la part de membres du foyer dépendants (enfants ou personnes âgées), ou de la part des bananiers et caféiers dans la surface cultivée. En effet, un niveau d'éducation élevé permet au chef ou à la cheffe de famille d'implémenter des stratégies plus complexes en prenant en compte le bilan économique de son exploitation, mais plus éloignées des techniques indigènes. De faibles dimensions des exploitations et un nombre élevé de personnes dépendantes dans le foyer font peser des contraintes fortes sur les possibilités d'investissement, à l'inverse de la part des bananiers et caféiers qui sont des cultures commerciales et augmentent les capacités d'investissement. Le genre de la personne qui a la charge de la famille a aussi une influence. Les solutions choisies par les femmes sont plus orientées vers la provision alimentaire en augmentant la taille de l'élevage ou la culture vivrière sur des sols fragiles, alors que les hommes se tournent davantage vers des changements structurels, (extension de la surface louée, changements de variétés cultivées), non directement liés à la provision alimentaire du foyer.

Face à ce diagnostic, les regroupements en coopératives prennent tout leur sens et sont souvent mis en avant comme des prérequis aux actions d'adaptation. Ainsi, l'International Coffee Partners (ICP), dont l'objectif est de soutenir et de développer le potentiel des petits producteurs à travers le monde, travaille en Ouganda avec douze coopératives pour que chacune développe un plan d'action pour l'adaptation au changement climatique en fonction de ses caractéristiques propres<sup>50</sup>. Un élément central de ce projet est la formation des exploitants aux pratiques agricoles ingénieuses pour le climat, afin de développer la résilience des cultures. La sensibilisation aux inégalités de genre est également un axe fort des actions proposées afin d'augmenter le nombre et le poids des femmes dans la gestion des coopératives. Le projet actuel inclut ainsi 41 % de femmes dans les formations

et dans les activités organisées par les projets, qui touchent 50 000 foyers.

Au Rwanda, un collectif de 3 000 femmes a été plus loin, en rassemblant les femmes exploitantes de café de six coopératives pour lancer leur propre produit de la marque *Angelique's Finest*, lancée en 2018 et aujourd'hui distribuée dans plus de 800 magasins en Allemagne<sup>51</sup>. La prise en charge de toute la chaîne de valeur de la culture à la distribution a permis aux productrices d'augmenter leurs profits de 55 % par rapport à la vente de grains verts. Pour ces femmes, vendre leur propre café signifie avoir leurs propres revenus et donc devenir indépendantes financièrement. Le soutien à cette initiative de la part de Fairtrade international s'inscrit dans l'objectif de diminution des inégalités de genre dans la filière café où les femmes ne représentent que 15 % des 656 exploitantes et exploitants certifiés.



## GRANDS ENSEIGNEMENTS

**Denrée agricole parmi les plus commercialisées au monde, le café fait face à une mutation profonde de ses conditions de culture et de consommation sous l'effet du changement climatique. Concentrée dans une poignée de pays en développement, la production de café dépend de conditions climatiques très spécifiques. C'est pourquoi les changements d'aptitude des sols à accueillir la culture de café menace la diversité génétique des espèces, accroît la vulnérabilité des plants et expose les petites producteurs à des pertes de revenu.**

**Du côté des producteurs, l'adaptation de la filière s'organise à deux étages. D'une part, la transformation des pratiques agricoles, via le développement de l'agroécologie, la sélection des espèces et l'hybridation des variétés, permet d'adapter les cultures de café à un climat changeant. D'autre part, la réorganisation socio-économique des unités de production permet de protéger les populations paysannes qui vivent de la production de café face aux risques liés aux changements climatiques. Les coopératives permettent ainsi de mettre en commun les savoirs, diffuser les pratiques et renforcer la résilience des producteurs.**

**Dans les pays du Nord, la pression des consommateurs pousse les entreprises distributrices et productrices à contrôler davantage leur impact sur la déforestation et ses conséquences pour la biodiversité et les émissions de gaz à effet de serre. Des initiatives multilatérales organisent la mise en œuvre par les entreprises de leurs engagements en matière de réduction des émissions et de déforestation. Les grands acteurs de la filière adoptent des approches en cycle de vie pour mesurer et tracer l'impact de leurs produits ; pour autant, les volumes de cafés certifiés tendent à diminuer depuis le milieu des années 2010, en raison de la hausse des coûts d'investissement et un manque de valorisation des produits labellisés.**

## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 ICO (2020). [Coffee Development Report. The value of coffee. Sustainability, inclusiveness and resilience of the coffee global value chain.](#) International Coffee Organization
- 2 Killeen, T.J., Harper, G. (2016). [Coffee in the 21st century. Will climate change and increased demand lead to new deforestation?](#) Conservation International
- 3 ICO (2020). *Coffee Development Report, op. cit.*
- 4 ICO (2022). [Historical Data on the Global Coffee Trade.](#) International Coffee Organization
- 5 Volsi, B., Santos Telles, T., Caldarelli, C. E., Gabardo da Camara, M. R. (2019). [The dynamics of coffee production in Brazil.](#) PloS one, vol. 14 (7)
- 6 Ayele, A., Worku, M., Bekele, Y. (2021). [Trend, instability and decomposition analysis of coffee production in Ethiopia \(1993–2019\).](#) Heliyon, vol. 7 (9)
- 7 Meyfroidt, P., Tan Phuong Vu, et Viet Anh Hoang. (2013). [Trajectories of Deforestation, Coffee Expansion and Displacement of Shifting Cultivation in the Central Highlands of Vietnam.](#) Global Environmental Change, vol. 23 (5), pp. 1187-98.
- 8 Utrilla-Catalan, R., Rodríguez-Rivero, R., Narvaez, V., Díaz-Barcos, V., Blanco, M., Galeano, J. (2022). [Growing Inequality in the Coffee Global Value Chain: A Complex Network Assessment.](#) Sustainability, vol. 14 (2), p. 672.
- 9 Treanor, N. B., Saunders, J. (2021). [Tackling \(Illegal\) Deforestation in Coffee Supply Chains: What Impact Can Demand-Side Regulations Have?](#) Forest Policy Trade and Finance Initiative, Forest trends
- 10 Utrilla-Catalan, R., et al. (2022). Growing Inequality (...), op. cit.
- 11 Ekita Café (21/02/2022). [Pourquoi le prix du café est-il en train d'augmenter fortement ?](#) Ekita Café
- 12 Rhiney, K., Guido, Z., Knudson, C., et al. (2021). [Epidemics and the future of coffee production.](#) Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 118 (27)
- 13 Grüter, R., Trachsel, T., Laube, P., Jaisli, I. (2022). [Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change.](#) PloS one, vol. 17 (1)
- 14 Killen, T.J., Harper, G. (2016). Coffee in the 21st century (...), op. cit.
- 15 Kath, J., Byrareddy, V. M., Craparo, A. et al. (2020). [Not so robust: Robusta coffee production is highly sensitive to temperature.](#) Global Change Biology, vol. 26 (6), pp. 3677-88
- 16 Grüter, R., et al. (2022). [Expected global suitability \(...\), op. cit.](#)
- 17 Solymosi, K., Teche, G. (2019b). [Coffee production in the face of climate change: country profiles.](#) IDH Sustainable Trade Initiative, Global Coffee Platform, Specialty Coffee Association, Initiative for coffee&climate implemented by Hanns R. Neumann Stiftung, Conservation International
- 18 Davis, A. P., Chadburn, H., Moat, J., et al. (2019). [High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability.](#) Science advances, vol. 5 (1).
- 19 Tournebize, R., Borner, L., Manel, S., et al. (2022). [Ecological and genomic vulnerability to climate change across native populations of Robusta coffee \(Coffea canephora\).](#) Global Change Biology, vol. 28 (13), pp. 4124-4142
- 20 Poore, J., Nemecek, T. (2018). [Reducing food's environmental impacts through producers and consumers.](#) Science, vol. 360 (6392), pp. 987-92.
- 21 Pourailly, N. (2021). Some CO<sub>2</sub> with your coffee. Act for coffee. The mag
- 22 Killian, B., Rivera, L., Soto, M., Navichoc, D. (2013). [Carbon footprint across the coffee supply chain: the case of Costa Rican coffee.](#) Journal of Agricultural Science and Technology. B, vol. 3 (3B): 151.
- 23 Nab, C., Maslin, M. (2020). [Life cycle assessment synthesis of the carbon footprint of Arabica coffee: Case study of Brazil and Vietnam conventional and sustainable coffee production and export to the United Kingdom.](#) Geo: Geography and Environment, vol. 7 (2)
- 24 Phrommarat, B. (2019). [Life cycle assessment of ground coffee and comparison of different Brewing methods: a case study of organic Arabica coffee in Northern Thailand.](#) Environment and Natural Resources Journal, vol. 17 (2), pp. 96-108.
- 25 Meier, C., Sampson, G., Larrea, C., et al. (2020). [The state of sustainable markets 2020. Statistics and emerging trends.](#) International Trade Centre
- 26 Kath, J., Byrareddy, V. M., Craparo, A. et al. (2020). Not so robust, op. cit.
- 27 Meier, C. et al. (2020). The state of sustainable(...), op. cit.
- 28 Rainforest Alliance (2021). [Coffee certification data report 2020. Rainforest alliance and UTZ programs.](#) Rainforest Alliance
- 29 Quantis (2021). [Life cycle assessment \(LCA\) of an espresso cup of coffee made from a Nespresso professional capsule compared with other Quantis coffee systems in Switzerland, in a business environment.](#) Nespresso
- 30 Nespresso (2021). [Product carbon footprint. Qualifying explanatory statement. First period: 1st January 2020 to 31st December 2020.](#) Nespresso
- 31 Nespresso (2020). [The positive cup. Because coffee can a positive impact. 2014-2020 achievements. Creating shared value report.](#) Nespresso
- 32 Thang, T. C., Vu Huy Phuc (2016). [Vietnam's Coffee Policy Review.](#) FTTC Agricultural Policy Platform
- 33 Treanor, N. B., Saunders, J. (2021). [Tracking \(Illegal\) Deforestation \(...\), op. cit.](#)
- 34 European Parliament (08/09/2022). [New Rules for Companies to Stop EU-Driven Deforestation around the World | 12-09-2022 | News | European Parliament.](#) europarl.europa.eu
- 35 Sustainable coffee challenge (2021). [2021 Hub report.](#) Sustainable Coffee Challenge, Conservation International
- 36 Sustainable coffee challenge (2022). [2022 Hub report.](#) Sustainable Coffee Challenge, Conservation International
- 37 Hoffman, F. (11/06/2021). [Malongo lance un café chez Carrefour avec la technologie blockchain.](#) Linéaires
- 38 Depinoy, S. (25/06/2021). [Jean-Pierre Blanc \(Malongo\) : "Le consommateur veut avoir la certitude que le produit est naturel et équitable mais il veut aussi en savoir plus sur les paysans".](#) Franceinfo
- 39 Aldi (2022). [How We're Working Together to Make Sustainability Affordable.](#) Aldi
- 40 Rainforest Alliance (06/11/2018). ['Project Guatemala': How Lidl Empowers Women And Addresses Climate Change in Coffee Farming.](#) Rainforest Alliance
- 41 Rahn, E., Vaast, P., Läderach, P., et al. (2018). [Exploring Adaptation Strategies of Coffee Production to Climate Change Using a Process-Based Model.](#) Ecological Modelling, vol. 371, pp. 76-89
- 42 Hergoualc'h, K., Blanchart, E., Skiba, U., et al. (2012). [Changes in Carbon Stock and Greenhouse Gas Balance in a Coffee \(Coffea Arabica\) Monoculture versus an Agroforestry System with Inga Densiflora, in Costa Rica.](#) Agriculture, Ecosystems & Environment, vol.148, pp. 102-10
- 43 Van Rikxoort, H., Schroth, G., Läderach, P., Rodríguez-Sánchez, B. (2014). [Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production.](#) Agronomy for Sustainable Development, vol. 34, pp. 887-897
- 44 Davis, A. P., et al. (2019). High extinction risk (...), op. cit.
- 45 Royal Botanic Gardens Kew (2021). ['Forgotten' coffee species that grows at higher temperatures and boasts a superior flavour could help to futureproof the coffee industry under climate change, says new study.](#) Kew
- 46 Davis, A. P., Mieulet, D., Moat, J., et al. (2021). [Arabica-like flavour in a heat-tolerant wild coffee species.](#) Nature Plants, vol. 7 (4), pp. 413-18.
- 47 Royal Botanic Gardens Kew (2021). 'Forgotten' coffee species (...), op. cit.
- 48 Communicaffe (2021). [A Cirad/Breedcafs Project Introduces Climate-Resilient Coffee Hybrids in Vietnam.](#) Communicaffe International
- 49 Mulinde, C., Majaliwa, J. G. M., Twinomuhangi, R., et al. (2019). [Perceived Climate Risks and Adaptation Drivers in Diverse Coffee Landscapes of Uganda.](#) NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, vol. 88, pp. 31-44.
- 50 ICP (2021). [International Coffee Partners \(ICP\) in Uganda.](#) International Coffee Partnership
- 51 Fairtrade international (07/03/2022). [Strong Women, Strong Cooperatives, Strong Coffee.](#) Fairtrade International



**TOUR DU MONDE DES INITIATIVES,  
DES CHANGEMENTS DE RÉGLEMENTATION  
ET DES TRANSFORMATIONS DE MARCHÉ  
QUI PRÉFIGURENT AUJOURD'HUI LES  
TENDANCES DE L'ACTION CLIMAT DE DEMAIN**

## Urbanisme • Verdir la « Rust Belt » américaine

Les villes de la « Rust Belt » (une région des États-Unis qui a connu un déclin industriel au cours du dernier demi-siècle) disposent depuis des années de quartiers ou bien d'usines abandonnées. Il y a quelques années, des villes comme [Gary](#), [Detroit](#) et [Buffalo](#) ont commencé à travailler à la reconversion de ces sites en créant des forêts urbaines, des fermes, des lots de gestion des eaux de pluie... Ce mouvement, en plus de réduire les températures urbaines et de séquestrer du carbone – pour exemple, un projet de plantation d'arbres à Gary et dans six autres villes de la Rust Belt devrait permettre de réduire jusqu'à [14 000 tCO<sub>2</sub>](#) en quinze ans – a également contribué à la relance économique des villes, en augmentant la valeur des propriétés, comme à Détroit. Avec l'inflation qui rend les grandes villes inabordables, la Rust Belt connaît une [renaissance](#), les nouveaux arrivants citant l'accès aux espaces verts comme facteur d'attraction.

## Finance • Premier fonds français d'investissement thématique sur la filière bois

En 2021, IDIA Capital Investissement (Crédit agricole) et le réseau d'investisseurs forestiers Forinvest ont créé le Fonds développement filière bois ([FDFB](#)), premier fonds d'investissement français dans la filière bois. Un fonds thématique sélectionne ses actifs sur la base d'un thème sociétal (ex : le climat, la gestion de l'eau, la mobilité, le vieillissement, etc.), qui peut recouvrir plusieurs secteurs d'activité, catégories d'entreprises et géographies. Entre 2019 et 2021, les actifs sous gestion de fonds thématiques ont [triplé](#) et atteint les 806 Md\$ dans le monde, surtout en Europe (55 %) et aux États-Unis (21 %), plutôt concentrés sur les secteurs de l'eau, la sécurité et la robotique. Avec une levée de fonds espérée de 40 M€, le FDFB va investir de 0,5 à 5 M€ dans des participations minoritaires dans des projets sur l'ensemble de la filière : 1<sup>ère</sup> et 2<sup>e</sup> transformation, construction, bois-énergie, chimie du bois, etc.

## Espagne • Conflit foncier autour de la plus grande centrale solaire PV d'Europe

Deux ans après sa mise en service en [avril 2020](#), la Haute Cour de justice de la région espagnole d'Estrémadure condamne Iberdrola à [fermer](#) 60 % de la centrale solaire *Nuñez de Balboa*, près de la frontière portugaise. D'une puissance de 500 MWc installée sur plus de 1 000 ha, elle est la plus grande centrale photovoltaïque d'Europe. Sa production annuelle de 832 GWh doit fournir de l'électricité à 250 000 habitants et éviter l'émission de 215 MtCO<sub>2</sub>/an. Le tribunal a décidé que 525 ha de terres ont été illégalement expropriés aux fins de l'installation. Natura Manager, qui disposait d'un bail de 25 ans sur ces terres, n'a pas contesté le projet : mais le jugement précise qu'Iberdrola n'a pas respecté les procédures légales d'expropriation. Le plan européen [REPowerEU](#) souhaite justement alléger les procédures d'installation d'énergie solaire et éolienne pour accélérer la transition énergétique du continent.

[PV Magazine, 20/06/2022](#)

## Peuples autochtones • La nation Onondaga regagne ses droits sur plus de 1 000 hectares de ses terres ancestrales

1 023 hectares de terres vont être remis aux mains de la [nation Onondaga](#), selon la [décision](#) du 29 juin 2022 de l'État de New York et du département de l'Intérieur. Les terres sont localisées au sein de la vallée Tully, véritable réservoir de biodiversité, riche en forêts, en zones humides et recelant des espèces protégées comme l'omble de fontaine, le pygargue à tête blanche et le grand héron. Le département de l'Intérieur et l'État de New York avaient déjà, dans un [décret](#) de 2018, évalué à 26 M\$ les dommages causés au lac Onondaga par la société Honeywell. La cession des titres de propriété de la vallée, détenus par l'entreprise, est un des 18 projets de restauration prévus dans l'accord de 2018. Le mouvement « [Landback](#) », lancé officiellement le 12 octobre 2020, enregistre donc une victoire majeure avec cette portion, jusqu'à présent inégalée, de terres ancestrales restituées à un peuple autochtone. [Grist, 05/07/2022](#)

## Nouvelle-Zélande • Une taxe sur les émissions dues aux rots des bovins et des moutons

La Nouvelle-Zélande compte [deux fois](#) plus de bovins et [cinq fois](#) plus de moutons que d'habitants, et près de la [moitié](#) de ses émissions totales de gaz à effet de serre proviennent du secteur agricole. Selon un récent plan élaboré par des représentants du gouvernement et de la communauté agricole, les agriculteurs devront payer un prix pour les émissions provenant du bétail. Le projet prévoit d'inciter les agriculteurs à réduire les émissions de méthane provenant de leur bétail qui rote, en utilisant des [additifs alimentaires](#), tout en autorisant la foresterie à la ferme comme moyen de compenser les émissions. Les revenus de ce régime seront investis dans la recherche et le développement, et dans des services de conseil aux agriculteurs. Cette proposition, si elle est acceptée, constituera le plus grand bouleversement réglementaire dans le secteur agricole du pays, depuis la suppression des subventions dans les années 1980.

[YaleEnvironment 360, 08/06/2022](#)

## Marchés carbone • AgriCarbon, un programme de crédits carbone finance pour la transition de l'agriculture sud-africaine

En Afrique du Sud, l'élevage compte parmi les toutes premières [sources](#) d'émissions de gaz à effet de serre. Pour aider à la décarbonation du secteur, l'opérateur de compensation carbone Climate Neutral Group (CNG) a lancé [AgriCarbon](#), un programme de certification des réductions d'émissions du secteur agricole. Quarante fermes laitières participent au projet, engagées par exemple à réduire leurs intrants d'engrais azotés, qui génèrent du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Plus de 18 000 ha ont été audités depuis le lancement du programme, et 230 000 tCO<sub>2</sub> de crédits carbone seront émis sur le marché volontaire cette année, à un prix de 15 à 25 \$/tCO<sub>2</sub>e – bien au-dessus de la [moyenne](#) (3,37 \$/t) du marché mondial. Cette initiative illustre l'intérêt croissant pour les solutions fondées sur la nature, et en particulier le « *carbon farming* », qui vise à valoriser les actions d'atténuation dans le secteur agricole. En France, [France Carbon Agri Association](#) engage 300 agriculteurs à réduire leurs émissions, pour un potentiel de réduction 138 800 tCO<sub>2</sub>, tandis que la Commission européenne cherche à développer le potentiel du *carbon farming* dans l'UE.

[Reuters, 06/04/2022](#)

## Agriculture • Au Népal, s'adapter au changement climatique grâce aux banques de graines communautaires

Les premières « banques de graines » (*seed banks*) communautaires au Népal remontent à [1994](#), dans le but de conserver les espèces locales de cultures, sous le pilotage d'ONG népalaises. Avec le succès, ces banques répondent désormais à d'autres besoins, comme l'autonomisation des communautés et des femmes, la sécurité alimentaire et, plus récemment, l'adaptation au changement climatique. Les banques de semences se sont [regroupées](#) en un réseau national (le gouvernement reconnaît [53 seed bank](#) actives), et les agriculteurs sont de plus en plus nombreux à y avoir recours. Les espèces indigènes de cultures, y compris les aliments de base comme le riz, sont [plus résistantes](#) aux conditions locales et aux phénomènes météorologiques extrêmes. S'il existe de grandes banques de graines dans le monde entier, dont l'importance a été soulignée à la lumière de la [crise](#) en Ukraine, c'est [en Asie, en Amérique latine et en Afrique](#) qu'elles prennent le plus souvent un mode de gestion communautaire.

[Mongabay, 14/07/2022](#)

## Bois-énergie • Le bois-énergie exclu de la nomenclature des ressources d'énergies renouvelables

Si le nouvel [amendement](#) rapporté par Nils Torvalds est voté par le Parlement européen en septembre, les gouvernements ne pourront plus accorder des aides pour produire de l'électricité à partir de la biomasse issue des forêts, à partir du 31 décembre 2026. Le bois-énergie est la [première source](#) de production primaire d'énergie renouvelable en Europe. Pourtant, à masse égale, elle génère deux à trois fois plus de CO<sub>2</sub> que la combustion d'énergies fossiles. La déforestation engendrée affecte aussi les capacités des puits de carbone forestiers. D'autant plus dans les forêts primaires, visées par l'amendement, qui sont les gardiennes d'un stock de carbone plus important que les autres forêts et d'une riche diversité biologique. C'est le propos d'une [lettre ouverte](#) de 500 scientifiques parue en mars 2021 qui indique que si le bois-énergie était porté à 2 % du mix énergétique mondial, il faudrait doubler le prélèvement forestier. Cependant, une partie des écologistes regrette l'absence de la biomasse secondaire (sciure, liqueur noire et déchets issus du bois) dans l'amendement. Et les lobbys de la bioénergie défendent son intérêt pour s'affranchir du gaz russe.

[Euractiv, 20/05/2022](#)

# CAS D'ÉTUDE

## TANZANIE

Vallée de Yaeda : La compensation carbone au cœur de la protection locale de la faune et de la flore

## AFRIQUE DU SUD

Durban : l'agroécologie au service de la lutte contre les inégalités alimentaires

## INDE

Sundarbans : les mangroves, un atout pour la terre, la vie et la subsistance





PAYS	RÉGION	POPULATION	OBJECTIF D'ATTÉNUATION	ÉMISSIONS EN 2018
TANZANIE	MANYARA	59 734 213	-35 % GES EN 2030 (BASE BAU)	11,58 MT

## Vallée de Yaeda • La compensation carbone au cœur de la protection locale de la faune et de la flore

En République unie de Tanzanie se développe une politique de [gestion des forêts](#) en association avec des communautés locales. C'est le cas du projet de la vallée de Yaeda, qui implique la communauté hadza et participe à l'atteinte de [12](#) des 17 Objectifs de développement durable (ODD) à travers un système de compensation carbone.

### Des ONG à l'initiative pour restaurer les droits fonciers hadza

Le peuple Hadza, une des dernières tribus de chasseurs-cueilleurs de la vallée de Yaeda, vit en Tanzanie depuis 40 000 ans. Leur mode de vie très ancien dépend des forêts, qui leur fournissent graines, fruits, viande, eau et pâturage pour le bétail. Au cours du siècle dernier, leurs terres se sont réduites de [trois quarts](#), en grande partie du fait de l'arrivée d'agriculteurs immigrés qui convertissent illégalement les forêts en terres agricoles. Ce changement d'utilisation des terres menace l'existence des Hadza, leur mode de vie traditionnel et la biodiversité de la vallée de Yaeda. Face à ce problème, en 2011, l'ONG [UCRT](#) a commencé à aider le peuple Hadza à protéger ses terres par l'acquisition du titre de propriété d'au moins 32 000 ha. De cette initiative naît le projet Yaeda-Eyasi.

Le projet est développé pour la première fois en 2011 par [Carbon Tanzania](#) et UCRT en partenariat avec les communautés de chasseurs-cueilleurs hadza sous le label [REDD+](#), un mécanisme de réduction des émissions issues de la déforestation et de la dégradation des forêts.

### Protéger les forêts des braconniers et de l'agriculture envahissante

Dans sa phase initiale, le projet couvrait [32 000 ha](#) de forêts ancestrales hadza. Depuis 2019, il couvre [110 500 ha](#) de forêts appartenant aux peuples Hadza et Datooga.

Lors de la première phase du projet, des plans d'utilisation des terres ont été élaborés tels qu'exigés par le gouvernement tanzanien comme condition d'obtention du titre, en zonant les territoires pour les fermes, les logements, les pâturages, les réunions de terrains, les enclos à bétail, le captage d'eau, les terrains de chasse et la mise de côté de certaines terres pour la nature.

Lors de la deuxième phase, des membres de la communauté hadza ont été formés à la patrouille et au recueil de données. Ils signalent aussi tout changement d'utilisation des terres tel que l'agriculture envahissante et illégale et les activités de braconnage. Aujourd'hui, [57](#) personnes sont formées comme patrouilleurs à la protection des forêts, à la surveillance de la faune et à l'utilisation de smartphones pour la cartographie. Les patrouilles protègent [37 espèces](#) de grands mammifères, dont l'éléphant en voie de disparition, le lycaon, le lion et le léopard, et 255 espèces d'oiseaux, dont le vautour oricou en voie de disparition et deux espèces d'oiseaux endémiques. Le projet a aussi permis de maintenir et de faire revivre les traditions de chasse du peuple Hadza.

### Un exemple réussi de compensation carbone

Chaque année, le projet permet d'éviter l'abattage de [171 100 arbres](#) et l'émission de [177 284 tCO<sub>2</sub>e](#). Ces émissions évitées sont quantifiées, certifiées sous forme de crédits carbone, vendus sur le marché volontaire. Depuis l'élargissement du projet,

au moins 60 % des revenus de la vente des crédits sont directement remis aux communautés. Le reste couvre les frais généraux et de suivi du projet. Le projet devrait rapporter aux populations locales environ [450 000 \\$ par an](#). La société de compensation [MyClimate](#) est le principal acheteur des crédits du projet.

### Des bénéfices sociaux et économiques pour les communautés autochtones

Les Hadza étaient marginalisés en Tanzanie jusqu'à récemment. Les revenus tirés du projet ont permis de fournir des services de base à [61 000 membres](#) de la communauté : soins, éducation des enfants, sécurité alimentaire et [des emplois directs et durables](#) en tant que gardes communautaires. Les paiements mensuels à la communauté incitent au suivi et à la protection des forêts. Le projet réduit aussi les inégalités de genres : les femmes sont employées comme chargées de projet et encouragées à participer aux réunions communautaires et à donner leur avis sur la gestion des revenus. Ces revenus sont utilisés pour assurer l'éducation primaire et secondaire de plus de 20 enfants et financer l'introduction de cliniques de proximité une fois par semestre dans la région.



PAYS	ÉTAT	POPULATION	OBJECTIF NATIONAL D'ATTÉNUATION	ÉMISSIONS RÉGIONALES EN 2013
INDE	BENGALE- OCCIDENTAL	101 600 000 (2022)	-33 % À -35 % D'INTENSITÉ D'ÉMISSIONS DU PIB D'ICI 2030 (BASE 2005)	171,7 MTCO <sub>2</sub> e

## Sundarbans • Les mangroves, un atout pour la terre, la vie et la subsistance

Les Sundarbans sont un archipel d'îles à l'embouchure du Gange, dans l'est de l'Inde et du Bangladesh, et le plus grand écosystème estuarien de mangroves du monde. Face aux inondations et aux ondes de tempête de plus en plus fréquentes et dévastatrices, les communautés locales de l'État du Bengale-Occidental, en Inde, ont pris l'initiative de reboiser les digues avec des mangroves, avec l'aide d'une ONG locale, la [Nature Environment and Wildlife Society](#) (NEWS), qui canalise les fonds du [secteur privé](#) et des organisations internationales à but non lucratif. Outre leur immense potentiel de séquestration du carbone, ces mangroves abritent également le tigre du Bengale, ainsi que des espèces rares de serpents, de poissons et de crustacés, qui bénéficient du programme de boisement.

### Afforester pour s'adapter

Le delta des Sundarbans a déjà subi les effets du réchauffement climatique, ayant perdu plus de [28 %](#) de son habitat et près de [4 %](#) de sa superficie en raison de l'élévation du niveau de la mer au cours du siècle dernier. Si l'augmentation de la salinité de l'eau a affecté les populations de poissons et l'agriculture locale, des cyclones comme Aila en 2009 ont également causé des dommages importants aux villages et aux établissements humains.

Dans ce contexte, les communautés locales ont entrepris de planter davantage de palétuviers le long des digues protégeant les terres. Le projet dirigé par NEWS, lancé en 2011, a permis de planter plus de [16 millions](#) de palétuviers. Depuis lors, [5 200 ha](#) de mangroves ont été restaurés, grâce à des campagnes de plantation rigoureuses à chaque saison de mousson. Il a été prouvé que la forêt de mangroves protège les digues, et par la suite les habitations et les habitats qu'elles abritent, contre les dommages causés par les tempêtes en [réduisant](#) la hauteur et la vitesse des vagues. En 2020, lorsque le cyclone Amphan a frappé la région, les mangroves restaurées ont joué un [rôle important](#) en servant de bouclier biologique.

### Des bénéfices pour le climat et pour la biodiversité

L'un des résultats les plus significatifs de la restauration des mangroves est la séquestration du carbone. Les écosystèmes de carbone bleu (le carbone bleu étant le carbone stocké dans les environnements marins ou océaniques) sont parmi les puits de carbone naturels les [plus efficaces](#). Le projet NEWS dans les Sundarbans devrait permettre de séquestrer [700 000 tonnes](#) de CO<sub>2</sub> sur une période de 20 ans. Le projet délivre des crédits carbone aux institutions privées qui le financent (telles que Danone, Schneider Electric, le Crédit agricole et d'autres, par l'intermédiaire du [Livelihoods Carbon Funds](#)), un modèle qui a aidé NEWS à étendre le projet et à le reproduire dans d'autres villages du delta. Le financement est également assuré par le secteur privé national et par des organisations et initiatives nationales et internationales à but non lucratif. Le projet contribue aussi à la restauration de la biodiversité locale. Les Sundarbans sont [l'unique habitat](#) du tigre du Bengale, du dauphin du Gange, du dauphin de l'Irrawaddy, du python indien, du crocodile estuarien et de plus de 260 espèces d'oiseaux. La restauration de la mangrove a permis le [retour](#) des poissons, des oiseaux, des crevettes, des crabes et d'autres espèces, et a également contribué aux moyens de subsistance, par exemple par la culture et le commerce local des crevettes et des crabes.

### Améliorer les sources de revenus

Le projet est également axé sur l'inclusion économique et sur l'autonomisation de la communauté locale, en particulier des femmes, gardiennes du projet, depuis l'élaboration de cartes dessinées à la main des zones couvertes, le travail dans les pépinières et la plantation des mangroves, jusqu'à leur surveillance et leur protection. Leur participation génère un revenu de [430 \\$](#) par an, un complément précieux au budget des ménages.

En échange de leur travail, NEWS a également aidé les communautés locales en lançant une marque, [Badabon Harvest](#) « Babadon étant le mot bengali pour mangrove », [accélérée](#) par la start-up GRINS, afin de faciliter l'accès au marché de Kolkata pour vendre des aliments cultivés biologiquement. Cela a permis d'améliorer les revenus et de mettre en œuvre des méthodes plus durables d'élevage, d'agriculture, de pisciculture, d'apiculture, etc.



PAYS	VILLE	POPULATION	OBJECTIF	TAUX DE SOUS-NUTRITION NATIONAL	TAUX D'OBÉSITÉ NATIONAL
AFRIQUE DU SUD	DURBAN – MUNICIPALITÉ D'ETHEKWINI	3 442 361 (2011)	AUGMENTER DE 50 % LA PRODUCTION ALIMENTAIRE LOCALE EN 2030	45,6 % (2013)	35,2 % (2017)

## Durban • L'agroécologie au service de la lutte contre les inégalités alimentaires

Depuis 1975, l'obésité a presque triplé : 1,9 milliard d'adultes étaient en surpoids en 2015, dont 650 millions obèses. La même année, 340 millions d'enfants et d'adolescents de 5 à 19 ans étaient atteints de surpoids ou d'obésité. Pourtant, l'ODD 2 « faim zéro » se concentre uniquement sur le volet du déficit alimentaire, et ne mentionne pas dans ses cibles la qualité de l'alimentation ou la surconsommation. À l'échelle mondiale, on observe désormais plus de décès causés par le surpoids et l'obésité que l'insuffisance pondérale : c'est ce qu'on appelle la double charge nutritionnelle. À cet égard, l'Afrique du Sud se trouve dans une situation paradoxale : la moitié de la population du pays souffre de malnutrition alors que l'on constate une massification des problèmes liés au surpoids.

Les inégalités d'accès à l'alimentation sont la première cause de ce fléau sanitaire. Les jeunes et les femmes sont particulièrement concernés : 70 % d'entre elles sont en surpoids et 42 % en situation d'obésité. Les ménages à faible revenu ont tendance à se tourner vers la malbouffe, très largement accessible, plus abordable et source de plaisir instantané.

### Une action publique au service des petits exploitants

La municipalité d'eThekweni (province de Kwazulu-Natal), l'une des huit municipalités métropolitaines qui composent

l'Afrique du Sud, est à l'initiative du projet AgriHubs. Si le territoire eThekweni est constitué à 55 % de zones rurales, la majeure partie de la population se concentre dans les pôles urbains. En particulier, la population zouloue (77,8 % de la population du KwaZulu-Natal) est concentrée dans les ghettos urbains, héritage persistant de l'apartheid. Consciente des liens entre chômage, précarité alimentaire des jeunes et multiplication de l'obésité, la municipalité accompagne l'installation de nouveaux agriculteurs sur les terres appartenant à la municipalité métropolitaine et développe une approche transversale permettant de répondre aux ODD 10, 13 et 15. En 2020, 426 nouvelles exploitations ont été créées sur le territoire.

Afin de former ces agriculteurs et de faciliter leur accès au marché, sept AgriHubs ou « plateformes agroécologiques » ont été installées en ceinture de la métropole. Ces lieux multifonctions proposent des formations à l'agroécologie (fermes-écoles) ainsi que des outils et une logistique mutualisés. Les néo-agriculteurs peuvent ainsi développer leurs compétences afin d'accroître leur production tout en réduisant leurs coûts grâce aux dons de semences, d'intrants, de compost ou encore de clôtures. Répartis sur l'ensemble du territoire, les AgriHubs permettent d'agglomérer et de stocker les productions,

achetées ensuite par la municipalité afin d'approvisionner les 589 cantines scolaires du territoire et les soupes populaires, ou bien directement vendues sur les marchés de gros. L'approvisionnement des écoles en fruits et légumes frais participe à endiguer les problèmes de poids chez les plus jeunes. 400 000 repas sains sont ainsi distribués quotidiennement aux enfants de la ville. L'agroécologie réduit aussi les émissions liées à l'agriculture, deuxième émetteur de GES en Afrique du Sud.

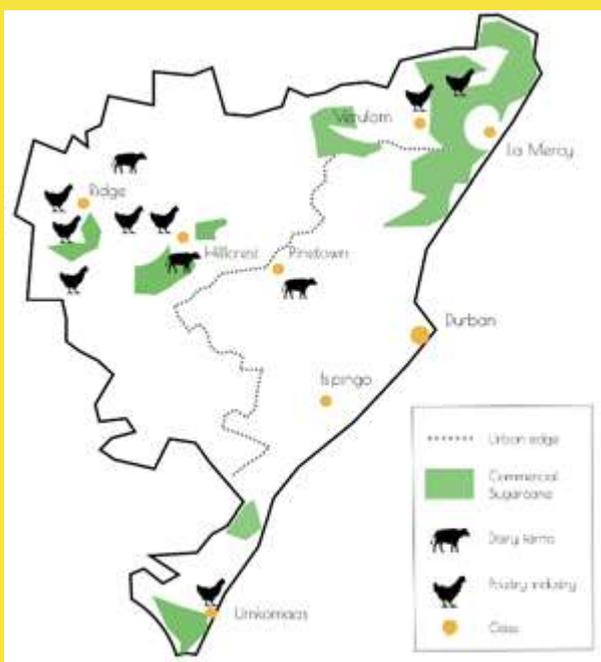
### Des partenariats publics-privés qui répondent aux ODD

La municipalité est un des principaux investisseurs de l'entreprise sociale Fair Food Company, qui accompagne et forme les petits agriculteurs vers des pratiques agricoles durables, productives et rémunératrices. Depuis 2013, l'entreprise développe notamment la filière du haricot edamame, riche en protéines et particulièrement bénéfique pour enrichir les sols.

Fair Food Company a créé de nombreux emplois dans une activité de légumerie : elle garantit le rachat d'une quantité de légumes, transformés puis vendus à la grande distribution et aux restaurants d'entreprise. 1 600 petits producteurs de la province du KwaZulu-Natal sont ainsi accompagnés.

### IDENTIFICATION DES PRINCIPALES ZONES AGRICOLES SUR LA MÉTROPOLE

Source : Métropole d'eThekweni, 2005, via Let's Food Cities



DOSSIER SPÉCIAL

OBJECTIF NET ZÉRO

LE MARCHÉ CARBONE

VOLONTAIRE ENTRE

DANS UNE NOUVELLE

DIMENSION

BILAN  
MONDIAL  
DE L'ACTION  
CLIMAT  
PAR SECTEUR  
2022



CLIMATE  
CHANCE



EN PARTENARIAT  
AVEC

**ecoact**  
an atos company

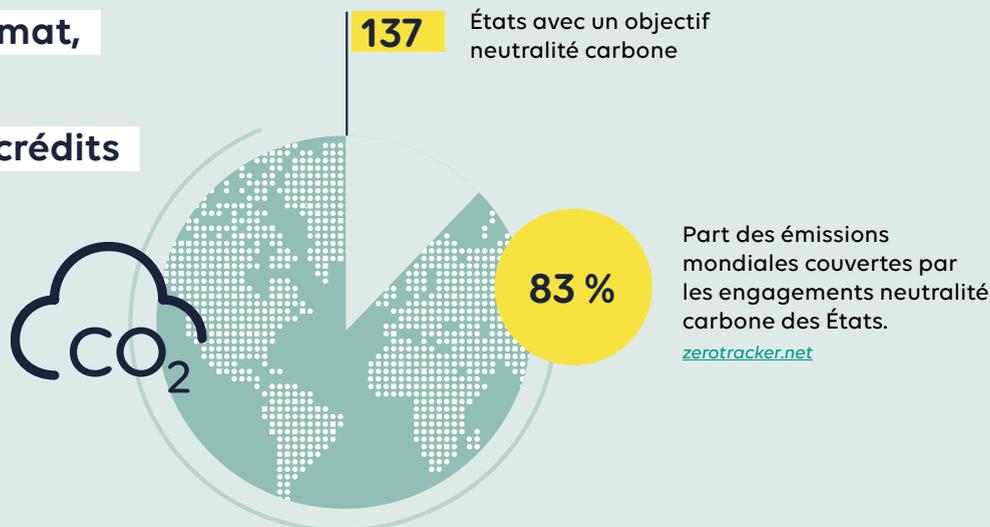


## OBJECTIF NET ZÉRO : LE MARCHÉ CARBONE VOLONTAIRE ENTRE DANS UNE NOUVELLE DIMENSION

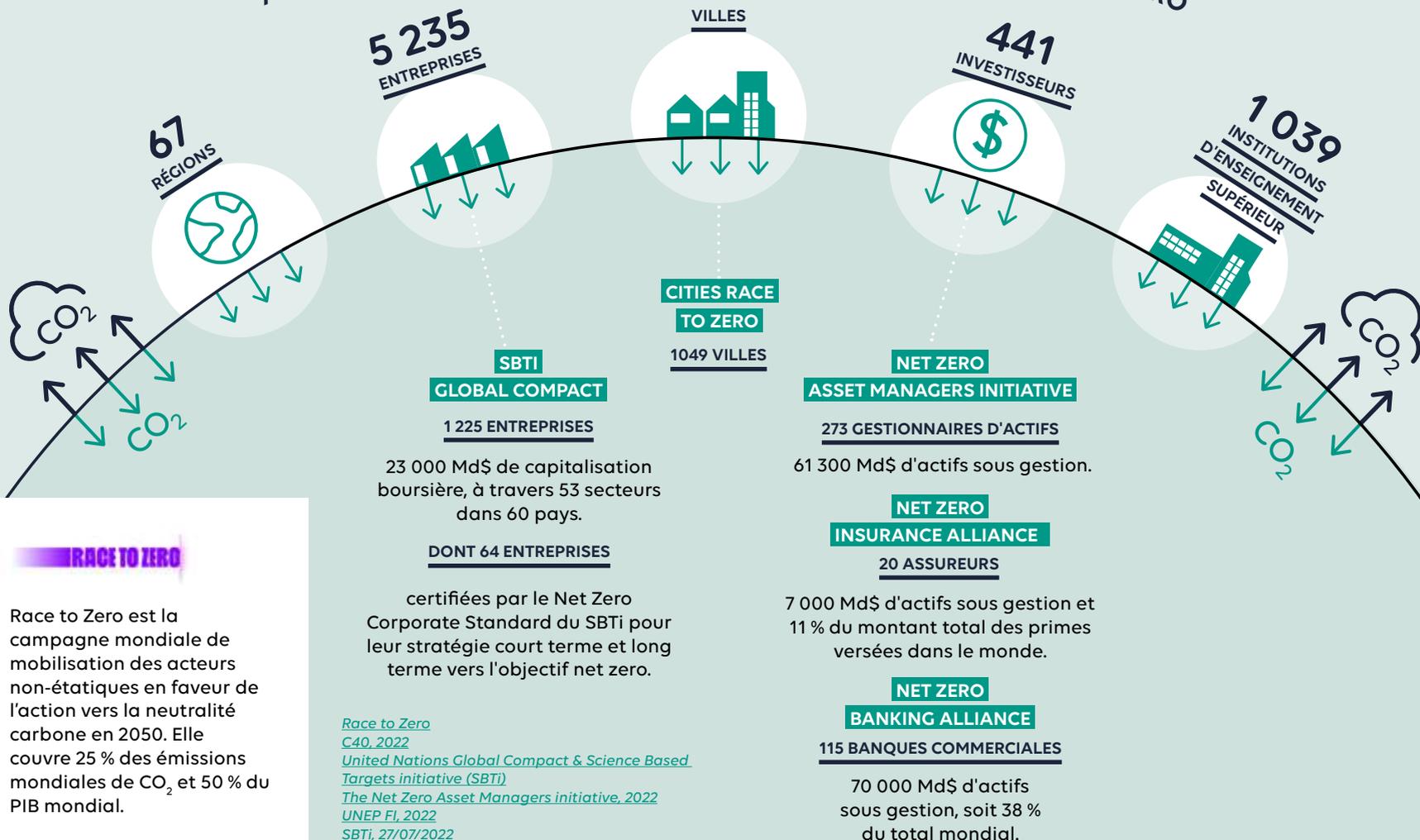
1. LE CRÉDIT CARBONE, UN INSTRUMENT D'ACTION FACE AU DÉFI DE LA NEUTRALITÉ CARBONE.....	192
La neutralité carbone planétaire, un objectif scientifique et politique.....	192
2. LES MARCHÉS VOLONTAIRES BASCULENT VERS LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE .....	197
Les solutions fondées sur la nature prennent racine, les projets d'élimination restent en germe.....	198
Au-delà du carbone : les cobénéfices dans les projets de compensation augmentent la valeur des crédits.....	200
3. LES CADRES INTERNATIONAUX DE RÉGULATION DES MARCHÉS CARBONE SE RENFORCENT .....	202
Les règles d'application de l'article 6 de l'accord de Paris adoptées à la COP26.....	202
L'article 6.4 scelle la fin du Mécanisme de développement propre.....	203
Sous pression de la pandémie, CORSIA ne décolle pas.....	203
4. LA GOUVERNANCE DU MARCHÉ CARBONE VOLONTAIRE SE STRUCTURE.....	205
De nouveaux référentiels pour encadrer les « claims ».....	205
Des référentiels pour construire une approche universelle de la compensation alignée sur l'accord de Paris.....	206

# EMPORTÉ PAR LA VAGUE NET ZERO, LE MARCHÉ CARBONE VOLONTAIRE BASCULE VERS LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

**Boussole de l'action climat,  
la neutralité carbone  
stimule le marché des crédits  
carbone volontaires**



## ACTEURS NON-ÉTATIQUES ENGAGÉS DANS LA CAMPAGNE RACE TO ZERO



Le volume de crédits carbone émis dépasse le volume de crédits retirés de 129 % sur les 11 premiers mois de l'année 2021. La différence tient en notamment aux stocks de crédits accumulés par les intermédiaires, et ne reflète donc pas nécessairement un déficit de demande.

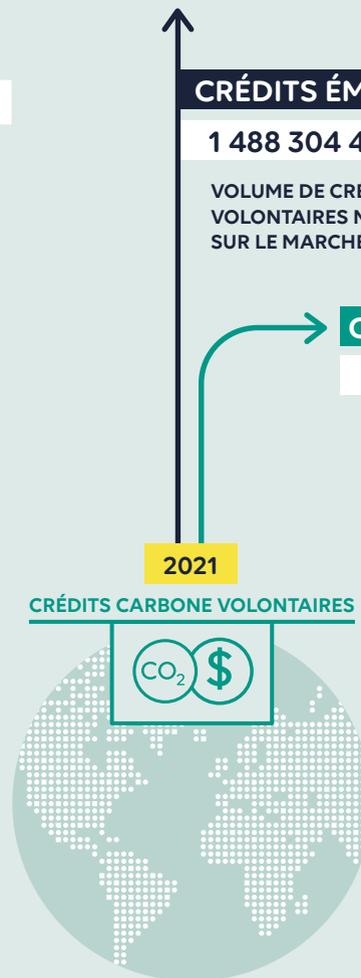
[Ecosystem Marketplace, 2021](#)

## Le marché carbone volontaire quadruple sa valeur en 2021

### VOLUME DE CRÉDITS CARBONE VOLONTAIRES ÉCHANGÉS DANS LE MONDE EN 2021

Sur l'ensemble de l'année 2021, les échanges de crédits carbone ont quadruplé en volume-prix et ont augmenté de 143 % en volume-carbone.

[Ecosystem Marketplace, 2022](#)



### CRÉDITS RETIRÉS

792 746 307 tCO<sub>2</sub>e

VOLUME DE CRÉDITS CARBONE VOLONTAIRES RETIRÉS DU MARCHÉ

+65 % ENTRE 2020 ET NOVEMBRE 2021



4 \$/tCO<sub>2</sub>e

### PRIX MOYEN DE LA TONNE ÉCHANGÉE

Selon les travaux du Carbon Pricing Leadership Council, le prix du carbone devrait atteindre entre 50 et 100\$/t en 2050 pour servir les objectifs de l'accord de Paris.

[Carbon Pricing Leadership Council, 2019](#)

## Un marché qui bascule vers les solutions fondées sur la nature

75 Md\$

### APPROBATIONS DE PROJETS REDD+

En 2021, seuls 75 millions de dollars de projets de conservation REDD+ ont été approuvés. C'est bien moins que les 263 millions de dollars annuels déboursés en moyenne depuis cinq ans. Mais les projets intègrent de plus en plus de paiements sur résultats.

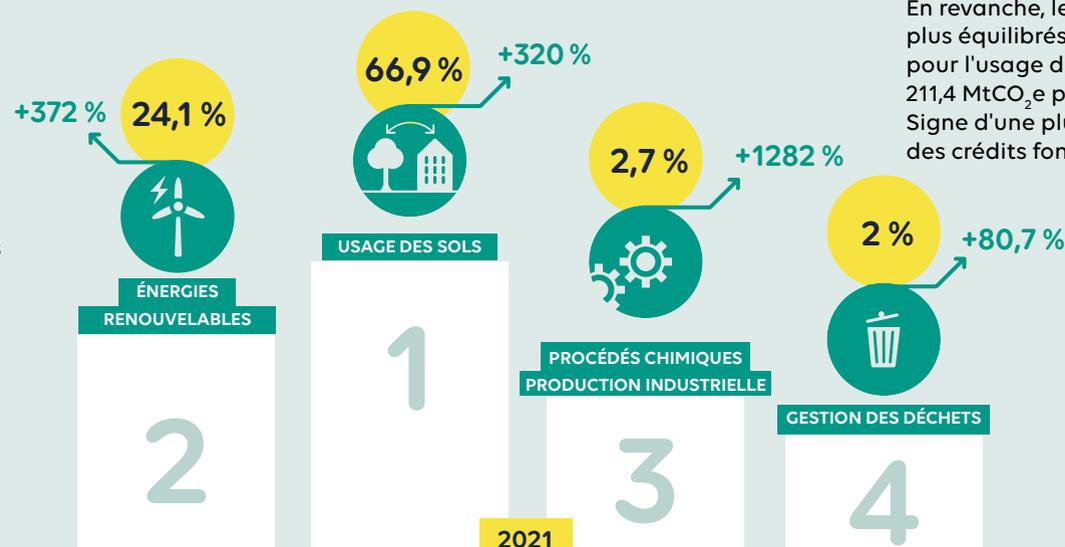
[Heinrich Böll Stiftung, 2022](#)

### LES CRÉDITS LIÉS À L'USAGE DES SOLS DÉPASSENT LES PROJETS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

[Ecosystem Marketplace, 2022](#)

Les crédits carbone dédiés aux solutions fondées sur la nature (usage des sols) occupent plus des deux tiers du marché en valeur. En particulier, les crédits avec co-bénéfices pour la biodiversité sont très valorisés. Le dernier mois de l'année 2021 a enregistré presque autant d'échanges de crédits carbone que sur tout le reste de l'année, en valeur.

En revanche, les volumes-carbone sont plus équilibrés : 227,7 MtCO<sub>2</sub>e pour l'usage des sols (46,2 %) et 211,4 MtCO<sub>2</sub>e pour l'énergie (42,9 %). Signe d'une plus forte valorisation des crédits fondés sur la nature.



RÉPARTITION DE CRÉDITS CARBONE VOLONTAIRES ÉCHANGÉS SELON LE SECTEUR D'ACTIVITÉ (EN DOLLARS)

# Objectif net zéro : le marché carbone volontaire entre dans une nouvelle dimension

ANTOINE GILLOD • Directeur de l'Observatoire mondial de l'action climat non-étatique, Climate Chance<sup>a</sup>

Né du Protocole de Kyoto en 1997, le marché carbone volontaire a pris une place considérable ces dernières années dans les débats sur les voies de transition vers la « neutralité carbone ». En plein essor, l'achat et la vente de crédits carbone dans une logique de compensation des émissions sont portés par la vague des engagements non-étatiques vers le « net zéro ». Plus qu'un outil arithmétique pour équilibrer le bilan carbone des organisations, l'échange de crédits carbone s'affirme comme un canal de mobilisation des capitaux privés au service du financement de projets d'atténuation. Peu à peu, le marché se structure, les instruments se multiplient et les volumes échangés s'accroissent ; mais en l'absence de réglementation universelle et de standardisation des pratiques, la financiarisation du marché soulève des inquiétudes sur l'intégrité des projets et des allégations de « neutralité carbone » portées par les entreprises. Ce « dossier spécial » du Bilan mondial de l'action climat 2022 présente un panorama des tendances récentes des réglementations, des initiatives et des outils qui retracent les transactions de crédit carbone.

## 1. LE CRÉDIT CARBONE, UN INSTRUMENT D'ACTION FACE AU DÉFI DE LA NEUTRALITÉ CARBONE

### La neutralité carbone planétaire, un objectif scientifique et politique

Les 197 États signataires de l'accord de Paris en 2015 se sont fixé pour objectif de contenir « l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels » (article 2). Pour atteindre ces objectifs, les parties s'accordent à « parvenir au plafonnement des émissions de gaz à effet de serre dans les meilleurs délais [...] et à opérer des réductions rapidement par la suite [...] de façon à parvenir à un équilibre entre les émissions an-

thropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre » d'ici 2050 (article 4.1).

Cet engagement pose le concept de la neutralité carbone, défini par le Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC) dans son Rapport spécial sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C. Le rapport évalue les voies disponibles pour rester dans les limites du budget carbone induit par une trajectoire de 1,5 °C et conclut :

« Rester dans les limites d'un budget carbone de 580 GtCO<sub>2</sub> implique que les émissions de CO<sub>2</sub> atteignent la neutralité carbone dans environ 30 ans ; ce délai est réduit à 20 ans pour un budget carbone restant de 420 GtCO<sub>2</sub> (degré de confiance élevé). »

<sup>a</sup> L'auteur remercie chaleureusement Emilie Alberola, Anouk Faure et Mathieu Salel (EcoAct) pour leurs conseils et leur relecture, ainsi que Renaud Betting (Sweep), Gilles Dufasne (Carbon Market Watch), César Dugast et Arthur Pivin (Carbone4), Harold Levrel (CIRED, AgroParis Tech), Amaury Parelle (Transitions-DD), Saverio Ragazzi et Lucas Winkelmann (Geres), pour le partage de leurs analyses et informations.

Dans ce contexte, atteindre la neutralité carbone consiste à réduire à zéro les émissions nettes de CO<sub>2</sub> : « *Cela signifie que la quantité de CO<sub>2</sub> entrant dans l'atmosphère doit être égale à la quantité éliminée* ». Cet objectif est parfois limité au dioxyde de carbone, principale source de GES dans le monde (environ 72 %), ou étendu à d'autres GES à plus grand potentiel de réchauffement global (PRG), comme le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ou l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>). Quelle que soit la voie d'entrée ou l'éventail des gaz inclus dans la stratégie, l'atténuation du changement climatique se résume en deux objectifs physiques, que les acteurs peuvent mettre en œuvre grâce à trois leviers :

- Objectif 1 : limiter des flux de GES émis dans l'atmosphère (levier 1 : **évitement** des émissions ; levier 2 : **réduction** des émissions) d'une part ;
- Objectif 2 : accroître les flux capturés et séquestrés par les puits de carbone naturels (forêts, océans) ou technologiques (capture directe du carbone dans l'air, capture et séquestration du carbone en sortie d'usine, etc.) d'autre part (levier 3 : **élimination** directe du carbone)<sup>1</sup>.

**Dans cette optique, la « compensation » des émissions par l'utilisation de crédits carbone sur le marché carbone volontaire (MCV) est avant tout un instrument financier parmi d'autres à disposition des acteurs pour mobiliser l'un de ces trois leviers.**

Un crédit carbone est un titre qui certifie la réduction, l'évitement ou l'élimination d'une certaine quantité d'émissions par un projet à quelque endroit du monde : installation de capa-

cité de production d'énergie renouvelable, gain d'efficacité énergétique, conservation d'une forêt, création d'un nouvel espace vert, etc. Une fois émis, le crédit peut être soit placé à l'actif du porteur de projet qui souhaite faire reconnaître son impact sur les émissions de GES, soit mis en vente sur un marché volontaire (*issuance*).

Pour l'organisation qui vend des crédits carbone sur le marché volontaire, l'objectif est de faire financer son projet via un afflux de capitaux privés obtenus grâce à la vente des crédits. Ce faisant, il renonce à revendiquer pour lui-même les émissions réduites, évitées ou éliminées grâce à son projet.

Pour l'organisation qui achète des crédits carbone sur un marché volontaire, son investissement est généralement motivé par la perspective de pouvoir porter à son actif des résultats d'atténuation obtenus par le projet, dans son propre bilan carbone. Ce faisant, elle peut souhaiter revendiquer à terme une forme de « neutralité carbone » inscrite dans sa stratégie climat afin de valoriser son action, dès lors que le volume d'émissions résiduelles qui demeure après ses propres efforts de réduction est à l'équilibre avec le volume d'émissions compensé. Une fois inscrit dans la comptabilité carbone d'une organisation, le crédit ne peut plus être échangé sur le marché : on dit alors que le crédit est « retiré » (*retirement*).

En l'absence de régulation universelle du marché carbone volontaire, tant le contrôle de la qualité des projets certifiés que la vérification de l'intégrité de la stratégie climat de l'organisation qui achète des crédits font l'objet de très nombreuses

ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

## LA TARIFICATION DU CARBONE, UN CONCEPT UNIQUE POUR DE MULTIPLES INSTRUMENTS

La Banque mondiale définit la **tarification carbone** comme « *un instrument qui capture les externalités des émissions de gaz à effet de serre – le coût des émissions que le public paie, tels que les dégâts agricoles, les coûts pour la santé des vagues de chaleur et des sécheresses, la perte de propriétés consécutive à une inondation ou à une augmentation du niveau de la mer – et les lie à leur source à travers un prix, généralement sous la forme d'un prix sur le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) émis* ». Différents mécanismes permettent de donner un prix au carbone :

- Les **systèmes d'échange de quotas d'émissions (SEQUE)**, ou « *cap and trade* » ont pour but de déclencher des réductions d'émissions chez les émetteurs régulés. Ces marchés fonctionnent selon le principe « pollueur-payeur », appliqué aux émissions de gaz à effet de serre : chaque émetteur se voit allouer un quota d'émissions au-delà duquel il est contraint de transformer ses activités pour réduire ses sources d'émissions, ou bien d'acheter d'autres quotas à des entreprises qui n'auront pas dépassé leur propre limite. L'évolution du prix dépend alors du niveau de contrainte appliqué à l'offre de crédits alloués sur le marché rapporté à la demande, l'objectif étant d'atteindre un niveau tarifaire suffisamment haut pour

inciter les entreprises à préférer prendre des mesures transformatrices plutôt que de recourir à l'achat de quotas.

- Les **marchés « baseline-and-credit »**, tels que prévus par l'article 6 de l'accord de Paris (**voir plus bas**), consistent à générer des crédits carbone sur la base de réductions d'émissions par rapport à un scénario de référence (*business-as-usual*). Il n'y a donc pas de limite sur le nombre de crédits disponibles. L'achat de ces crédits, dans une démarche de compensation carbone par exemple, permet de financer le projet de réduction.

- Une **taxe carbone** est un instrument fiscal qui, répondant aussi à une logique « pollueur-payeur », prédétermine un certain niveau de prélèvement sur l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub>.

D'autres mécanismes existent, tels que le **financement de l'action climatique fondé sur les résultats**, qui délivre des fonds en fonction d'objectifs d'émissions fixés à l'avance, ou le **prix interne du carbone**, fixé par les organisations pour guider leurs décisions en fonction du coût d'opportunité représenté par la réduction des émissions.

Source : [Banque mondiale, Carbon Pricing Dashboard](#)



controverses techniques, politiques, voire philosophiques. Dans ces débats, il faut bien distinguer les problématiques qui touchent à chacun des trois éléments clés du marché carbone volontaire :

- Les « crédits carbone », c'est-à-dire les règles et méthodologies qui encadrent la certification de l'impact sur les émissions d'un projet d'atténuation ;
- Le « marché », à savoir les règles et conditions d'échange de ces crédits entre vendeurs, acheteurs et intermédiaires ;
- La « compensation », qui relève des possibilités offertes à une organisation de revendiquer pour elle-même des résultats d'atténuation obtenus par l'achat de crédits carbone, et de communiquer ensuite sur sa propre « neutralité carbone » au regard de la robustesse de sa stratégie climat et de ses efforts de réduction.

Cette étude propose de dresser un état des lieux des dynamiques du marché carbone volontaire et d'analyser les évolutions récentes des règles et standards encadrant l'utilisation des crédits carbone et la communication autour des la neutralité carbone.

#### Net zéro et neutralité carbone, boussoles des stratégies volontaires des acteurs

Le concept de neutralité carbone est initialement conçu pour l'échelle planétaire : les flux d'émissions n'ayant pas de frontière, la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère n'est pas discriminante et ses effets sont ressentis sur l'ensemble du globe. Pourtant, depuis sa définition dans les grands accords internationaux et les travaux du GIEC, l'ensemble des acteurs étatiques et non-étatiques se sont peu à peu approprié la grammaire de la « neutralité », à la fois en tant qu'objectif ultime de leurs stratégies de réduction des émissions, et en tant que cadre narratif au récit de leur transition.

**La grande majorité des États ont désormais fixé la neutralité carbone à diverses échéances en ligne de mire de leur stratégie climat.** Depuis la première adoption de la neutralité carbone par la Suède en juin 2017, les 137 pays qui ont formulé un objectif « net zéro » couvrent désormais 83 % des émissions mondiales, 90 % du PIB et 85 % de la population, d'après le [Net Zero Tracker](#). Si le GIEC parle de la moitié du siècle pour atteindre la neutralité carbone planétaire, l'échéance fixée par les États sur leur propre périmètre d'émissions varie selon les pays et les niveaux d'émissions, entre le Costa Rica (objectif 2021) et l'Inde (2070). Le Bhoutan et le Suriname sont aujourd'hui les deux seuls pays réputés avoir un bilan carbone « négatif », c'est-à-dire dont les émissions de GES sont inférieures à leur capacité d'élimination<sup>2</sup>. La qualité de ces engagements est évaluée au regard de la précision des plans et stratégies détaillées pour atteindre l'objectif de neutralité carbone, par des organisations indépendantes comme [Climate Action Tracker](#).

Dès 2015, le secrétariat de la CCNUCC a souhaité élargir l'adoption de la neutralité aux acteurs non-parties à la Convention. L'initiative [Climate Neutral Now](#) a été lancée dans ce but, afin de promouvoir le recours volontaire aux mécanismes de

marché du carbone auprès des autorités locales, des entreprises, des organisations de la société civile et des citoyens.

Aujourd'hui, c'est la campagne de mobilisation [Race to Zero](#) qui sert cet objectif. Initiée par les « *Champions de haut niveau pour le climat* » Nigel Topping et Gonzalo Muñoz en amont de la COP26, Race to Zero recensait en septembre 2022 67 régions, 1 049 villes, 5 235 entreprises, 1 039 institutions d'éducation, 441 institutions financières et plus de 3 000 hôpitaux parmi 52 services de santé signataires engagés pour la neutralité carbone en 2050. L'ensemble de ces acteurs couvrent 25 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> et 50 % du PIB. En établissant des « critères minimum » de participation à la campagne, Race to Zero a vocation à agir comme une initiative « parapluie » qui englobe de nombreuses initiatives indépendantes pour l'engagement des acteurs à la neutralité carbone.

**En octobre 2020, le NewClimate Institute répertoriait 929 gouvernements locaux ayant pris un engagement « net zéro »**, couvrant 880 millions d'habitants et représentant un potentiel de réduction des émissions de 6,5 GtCO<sub>2</sub>/an<sup>3</sup>. Le réseau [Carbon Neutral Cities Alliance](#) rassemble quant à lui 22 métropoles internationales (New York, Londres, Rio de Janeiro, Yokohama...) engagées sur la voie de la neutralité carbone en vue de les accompagner dans la réduction de leurs émissions grâce à la mise en œuvre d'actions climat transformatives dans un esprit de transition juste.

À l'échelle de l'Union européenne, le consortium [NetZeroCities](#), coordonné par EIT Climate-KIC, rassemble 33 partenaires à travers treize pays en vue de soutenir trente projets pilotes entre villes afin de favoriser un apprentissage rapide sur la manière d'atteindre la neutralité climatique à l'échelle de la ville. D'une durée de quatre ans (2021-2025) et financé par le programme Horizon Europe, NetZeroCities répond à une mission proposée par la Commission européenne en septembre 2020 dans le cadre du Green Deal, « 100 Climate-neutral Cities by 2030 – by and for the Citizens ». La mission doit faire émerger 100 villes neutres en carbone en 2030 pour jouer le rôle de centres d'innovation et d'expérimentation auprès de toutes les autres villes à l'horizon 2050. Au niveau national, de nombreuses initiatives existent aussi pour aligner villes et régions derrière l'objectif de neutralité carbone, comme le [UK100 Net Zero pledge](#) au Royaume-Uni, qui rassemble 97 villes signataires, ou le réseau RAMCC (Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático), fort de 259 municipalités membres<sup>4</sup>.

En novembre 2021, **1 045 entreprises, représentant plus de 23 000 Md\$ de capitalisation, à travers 53 secteurs dans 60 pays, avaient pris l'engagement de formuler des objectifs de réduction d'émissions alignés sur la cible 1,5 °C** fondés sur la science (*1.5 °C-aligned science-based targets*), selon un communiqué publié lors de la COP26, le United Nations Global Compact et Science-Based Targets initiative (SBTi)<sup>5</sup>. Parmi les 2 000 plus grandes entreprises du monde, 417 (un tiers du chiffre d'affaires total) se sont fixé un objectif net-zéro<sup>6</sup>.

Ce mouvement s'étend jusqu'aux entreprises exerçant dans des secteurs d'activité carbonés par nature, et touche jusqu'aux

entreprises les plus réticentes à l'action climat. Début octobre 2021, l'International Council on Mining and Metals (ICMM), qui rassemble 28 des plus grandes compagnies minières au monde, a publié une lettre ouverte déclarant que l'ensemble de ses membres s'engageaient à réduire leurs émissions et à viser la « neutralité carbone » d'ici 2050<sup>7</sup>. Plusieurs de ses membres avaient déjà adopté depuis plusieurs mois des plans climat avec la « neutralité carbone » en objectif. Parmi les majors pétrolières européennes, BP, Shell, TotalEnergies, Eni et Equinor ont intégré la neutralité carbone à leur stratégie de croissance<sup>8</sup>. Même l'américaine ExxonMobil, toujours confondue dans des affaires de lobbying anti-climatique, a récemment introduit le terme « net zéro » à l'échelle de ses opérations dans le bassin permien<sup>9</sup>.

Du côté des acteurs financiers, la [Net Zero Asset Managers Initiative](#), lancée en décembre 2020, revendique **273 gestionnaires d'actifs** signataires, cumulant 61 300 Md\$ sous gestion, engagés à soutenir l'objectif zéro émission nette de GES en 2050 ; de même, la [Net Zero Asset Owner Alliance](#) revendique **74 investisseurs institutionnels** engagés (10 600 Md\$ d'actifs). La [Net Zero Banking Alliance](#) compte **115 banques commerciales** signataires, couvrant 70 000 Md\$ d'actifs bancaires sous gestion, tandis que la plus récente [Net Zero Insurance Alliance](#) regroupe **20 assureurs** (7 000 Md\$ d'actifs sous gestion). En avril 2021, la [Global Financial Alliance for Net Zero](#) (GFANZ) a été lancée par l'envoyé spécial des Nations unies pour l'action climat Mark Carney et les champions de haut niveau afin d'unifier l'ensemble des acteurs du secteur de la finance autour de la Race to Zero. Elle revendique aujourd'hui 450 firmes membres, représentant plus de 130 000 Md\$ d'actifs sous gestion.

#### Vérifier la « neutralité carbone » individuelle des organisations : les standards « corporate »

Dans le contexte d'adoption massive de la grammaire de la « neutralité », la crédibilité des engagements (*pledge*) repose sur la capacité des acteurs à s'appuyer sur des standards robustes pour 1) dresser un *inventaire de leurs émissions*, 2) fixer des *objectifs*, 3) formuler des *plans*, 4) mettre en œuvre des *actions* et 5) évaluer leur *impact* sur la réduction des émissions. Pour chacune de ces étapes, il existe et se développent encore de très nombreux standards internationaux visant à fournir à la fois des méthodologies techniques de vérification, et un cadre de référence pour interpréter et communiquer les résultats.

Les débats autour de l'évaluation des exigences de ces standards tournent aujourd'hui autour de plusieurs critères d'appréciation de leur ambition :

- Le degré de contrainte appliqué par les standards sur les organisations pour la réduction de leurs émissions de GES ;
- L'éventail des crédits carbone qualifiés conformes au standard pour la compensation, au regard de leur ancienneté (millésime) et des exigences de l'organisme certificateur de projets ;

- La méthode d'évaluation ;
- La communication sur les efforts réalisés.

Le standard **PAS 2060** a été créé dès 2010 par l'agence britannique de normalisation British Standard Institution (BSI) et mis à jour en 2014. Il permet de certifier non seulement les organisations, mais également les produits ou les événements. Il s'agit aujourd'hui de l'un des standards les plus utilisés au monde. Le processus de certification du PAS 2060 est organisé selon quatre critères :

- L'évaluation des émissions sur 100 % des Scopes 1 et 2 et les émissions du Scope 3 qui contribuent à plus d'1 % de son empreinte carbone ;
- La réduction des émissions selon un plan qui décrit un agenda, des objectifs précis de réduction, les moyens pour y parvenir et comment compenser les émissions résiduelles.
- La compensation des émissions excédentaires grâce à des crédits carbone qui répondent aux critères d'additionnalité et de permanence, évitent le double comptage et sans fuite de carbone ;
- La documentation et la vérification en vue de la déclaration, basée sur l'auto-validation, la validation par des parties externes ou la validation par des parties tierces indépendantes.

Le PAS 2060 souffre néanmoins d'une réputation mitigée sur ses critères de certification. La faiblesse des exigences sur le Scope 3, l'usage extensif de la compensation permis par le standard et l'auto-validation de la déclaration fragilisent la crédibilité des engagements. Ce dernier point ne permet pas de juger si les efforts de réduction des émissions déclarées par l'organisation sont suffisants avant d'avoir recours à la compensation des émissions résiduelles. C'est là l'un des principaux objets de critique du PAS 2060 : les entreprises sont autorisées à se revendiquer « neutres » en se basant à 100 % sur la compensation la première année. Elles doivent ensuite présenter un plan de réduction, mais celui-ci n'est soumis à aucun niveau d'ambition minimal.

A priori, le PAS 2060 servira de base à la future **norme ISO 14068**<sup>10</sup>. En préparation depuis février 2020, cette nouvelle norme devra proposer une définition standardisée de la neutralité carbone. Ses termes sont l'objet de concertations et de négociations au sein d'un groupe de travail comprenant des représentants de près de 60 pays, qui détermineront son degré d'ambition. En phase de préparation depuis deux ans, le processus d'adoption doit suivre une longue série d'étapes avant sa validation, attendue pour 2023. Le comité « Gestion des gaz à effet de serre et du changement climatique et activités associées » (ISO/TC 207/SC 7)<sup>b</sup> pilote le processus ; néanmoins, le site du comité n'a pas été mis à jour depuis 2019, et peu d'informations publiques sont disponibles sur l'état des négociations.

<sup>b</sup> Voir [le site](#).

ENCADRÉ 2 • POUR MIEUX COMPRENDRE

## LES MOTS DE LA NEUTRALITÉ CARBONE

« Neutralité carbone », « net zéro », ... Le glossaire du rapport sur l'atténuation du changement climatique du groupe III du GIEC, publié en avril 2022<sup>11</sup>, a fait évoluer les définitions des différents termes en usage :

- La **neutralité carbone** (*carbon neutrality*) désigne « *Les conditions dans lesquelles les émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) associées à un sujet sont équilibrées par les retraits de CO<sub>2</sub> anthropique. Le sujet peut être un pays, une organisation, un quartier ou un produit, ou une activité telle qu'un service ou un événement. La neutralité carbone est souvent évaluée en cycle de vie incluant les émissions indirectes (scope 3), mais peut être aussi limitée aux émissions et retraits, sur une période spécifique, sur lesquelles le sujet a un contrôle direct [...]* ». La **neutralité des gaz à effet de serre** (*greenhouse gas neutrality*), s'applique plus largement à l'ensemble des gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O...), et pas seulement au dioxyde de carbone, comme dans la définition de la « neutralité carbone ».
- Les **émissions net zéro de CO<sub>2</sub>** (*net zero CO<sub>2</sub> emissions*) désigne « *les conditions dans lesquelles les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sont équilibrées par les retraits anthropiques de CO<sub>2</sub> sur une période spécifique* ». Les **émissions net zéro de gaz à effet de serre** (*net zero GHG emissions*) incluent également l'ensemble des gaz.

La différence entre « net zéro » et « neutralité carbone » demeure parfois floue et varie selon les usages. Le GIEC retient qu'à l'échelle mondiale,

les termes net zéro et neutralité carbone sont équivalents. À échelle inférieure, le « net zéro » se restreint aux émissions et séquestrations sous contrôle direct ou de la responsabilité territoriale de l'entité, tandis que la neutralité carbone s'applique aussi aux émissions et retraits au-delà de ce périmètre. En pratique, le net zéro peut faire référence à une trajectoire alignée sur l'objectif 1,5 °C, comme pour la *Science-based Target Initiative* (SBTi, voir plus bas), alors que la neutralité carbone est un état statique d'équilibre entre émissions et absorptions, non adossé à une trajectoire. Il faut noter que depuis l'AR6, le GIEC a adopté une conception extensive des concepts de neutralité qui permet de l'utiliser à l'échelle d'une organisation ou d'un produit. Jusqu'alors, dans le rapport sur les conséquences d'un réchauffement à 1,5 °C, le « zéro émission nette » n'était envisagé que « *lorsque les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> sont équilibrées au niveau mondial par l'absorption de CO<sub>2</sub> anthropique sur une période donnée. Les émissions nettes de CO<sub>2</sub> sont également appelées neutralité carbone* » ; autrement dit, la neutralité carbone des organisations comme les villes ou les entreprises n'était pas évoquée ici. Il faut rappeler à cet égard que le GIEC n'est pas une autorité normative, et cette définition extensive de la neutralité continue de faire débat (encadré 3).

Le **CarbonNeutral Protocol** a été publié pour la première fois en 2002. Porté par le groupe américain Natural Capital Partners, ce standard permet également de certifier des entreprises, des produits, des activités. Tout comme le PAS 2060, le CarbonNeutral Protocol ne contraint pas les organisations sur le niveau de réduction de leurs émissions internes exigé pour obtenir le statut CarbonNeutral® : les organisations sont seulement « encouragées » à utiliser des outils de gestion pour définir le juste équilibre entre réduction et compensation. De même, il n'est pas exigé que leurs efforts de réduction interne soient « alignés sur la science », c'est-à-dire les objectifs de l'accord de Paris. Le CNP invite seulement les organisations à recourir à la *Science-Based Targets Initiative* pour s'aligner sur les objectifs 2 °C ou 1,5 °C<sup>12</sup>.

En effet, la **Science-Based Target initiative (SBTi)** constitue aujourd'hui le standard de référence pour l'évaluation des stratégies de réduction des émissions au regard des objectifs de l'accord de Paris. Au 2 septembre 2022, elle affichait 3 626 entreprises engagées à fixer un objectif de réduction d'émissions « fondé sur la science », aligné avec les objectifs 1,5 °C et 2 °C de l'accord de Paris. Parmi elles, 1 703 ont été certifiées « science-based », c'est-à-dire que leurs objectifs de réduction d'émissions ont été approuvés conformés à la méthodologie SBTi<sup>13</sup>. Il s'agit d'une méthodologie interne à l'initiative, développée par un groupe de conseil technique et un groupe de conseil scientifique, réunissant des entreprises, chercheurs, des ONG et des standards de certification.

En octobre 2021, la SBTi a dévoilé son standard « net zéro » pour les entreprises, en partenariat avec le CDP, le Global Compact, le World Resource Institute et le WWF. Intitulé « **Corporate Net-Zero Standard** » (CNZS), il s'affirme comme le premier standard au monde visant à formuler des lignes directrices, des critères et des recommandations pour aider les entreprises à formuler des objectifs « net zéro » qui soient fondés sur la science et alignés avec les objectifs 1,5 °C et 2 °C de l'accord de Paris<sup>14</sup>. En synthèse, le SBTi définit le « *corporate net zero* » comme :

- La **réduction** à zéro des émissions des Scope 1, 2 et 3, ou à un niveau résiduel compatible avec l'atteinte d'émissions nettes nulles au niveau mondial ou sectoriel, dans une trajectoire alignée sur l'objectif 1,5 °C (environ 90 % de réduction). 95 % des émissions doivent être couvertes ;
- La **neutralisation** de toute émission résiduelle à l'année cible et toute émission de GES rejetée dans l'atmosphère par la suite.

Pour que leurs engagements « zéro émission nette » reçoivent la certification « science-based », les entreprises doivent obligatoirement remplir deux critères :

- Définir un objectif SBT à court terme (5-10 ans) aligné sur une trajectoire 1,5 °C ;
- Définir un objectif SBT à long terme (2050 ou avant) aligné sur une trajectoire 1,5 °C.

De façon optionnelle au regard des critères SBTi, elles peuvent également :

ENCADRÉ 3 • POUR MIEUX COMPRENDRE

## LA NEUTRALITÉ IMPOSSIBLE ? LE PARADIGME DE LA CONTRIBUTION

Plus qu'une controverse sémantique, le débat qui entoure l'utilisation des termes de la « neutralité » divise les acteurs selon deux paradigmes vis-à-vis de la possibilité offerte aux organisations de se revendiquer « net zéro », neutre en carbone, etc. D'un côté, le **paradigme de la « compensation »**, qui conçoit qu'une entreprise ou une organisation puisse revendiquer la neutralité carbone sur son territoire ou son périmètre d'activité en compensant ses émissions résiduelles via le financement de projets de réduction, d'évitement ou d'élimination, selon une logique arithmétique. De l'autre, le **paradigme de la « contribution »**, qui ne conçoit la neutralité carbone qu'à l'échelle planétaire et rejette donc la possibilité à l'échelle d'un acteur individuel de s'afficher « zéro émission nette », préférant parler de « contribution individuelle à la neutralité collective ».

Ce second paradigme prend sa source dans l'ancienne définition exclusivement « planétaire » de la neutralité carbone employée par le GIEC. En France et à l'international, la Net Zero Initiative et les entreprises qu'elle accompagne continuent de soutenir cette approche. En juin 2022, les « 10 principes pour une stratégie climat d'entreprise ambitieuse » présentés

- Prendre des mesures pour retirer du carbone de l'atmosphère et le stocker en permanence afin de « neutraliser » les émissions résiduelles ;
- Procéder à des actions ou à des investissements pour la réduction des émissions au-delà de sa chaîne de valeur.

À l'inverse du PAS 2060, le CNZS s'avère très robuste sur les exigences de réduction des émissions à court et long terme. Cependant, le CNZS s'avère plus faible sur le volet compensation, et ne donne pas de consigne ni de critère clair sur la qualité des crédits carbone qui peuvent être employés, contrairement au PAS 2060. Bien qu'il encadre les modalités d'allégations « net zéro » à l'année cible, le SBTi ne donne pas non plus d'indication sur les possibilités de produire ce *claim* à une échéance intermédiaire.

par NZI reprennent cette conception restrictive de la neutralité carbone<sup>55</sup>. Parmi les 46 organisations signataires actives dans l'accompagnement de l'action climat des entreprises se trouve l'Ademe, l'agence de la transition écologique en France.

Cette institution publique s'était déjà positionnée en ce sens dans deux « avis d'experts » sur la neutralité carbone (mai 2021) et sur son utilisation dans les communications (février 2022), dans lesquels elle enjoint les organisations à se « se défaire de l'approche purement arithmétique de la neutralité » et à « communiquer de façon transparente, proportionnée et distincte sur les différents leviers de contribution à la neutralité carbone collective ». Pour autant, l'Ademe accorde quand même la possibilité aux États de revendiquer la neutralité à une échelle nationale. Dans le cadre d'un marché volontaire, les entreprises sont mues pour l'essentiel par la possibilité de valoriser et communiquer leurs actions. Afin de préserver ce moteur d'investissement, tout en encadrant davantage les communications des entreprises, d'autres voies prônent la réglementation des allégations de « neutralité carbone » (**voir plus bas**).

Pour l'heure, seules 64 entreprises ont satisfait aux deux premiers critères et ont reçu la certification « science-based » pour leurs objectifs net zéro, dont les premières furent Holcim Ltd., CVS Health, JLL, Dentsu International, Orsted, AstraZeneca, Wipro ou encore Ricardo PLC. La SBTi est un standard de vérification : elle produit son évaluation au regard de sa propre méthodologie, sans certification de la part d'un tiers. Cette position a pu susciter des interrogations sur l'indépendance du standard (**cf. plus bas**), auxquelles la SBTi a répondu en excluant les compagnies pétrolières de son champ d'activité, et en décidant d'allonger les délais de certification<sup>15</sup>. La SBTi développe par ailleurs un standard similaire dédié aux institutions financières<sup>16</sup>.

## 2. LES MARCHÉS VOLONTAIRES BASCULENT VERS LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

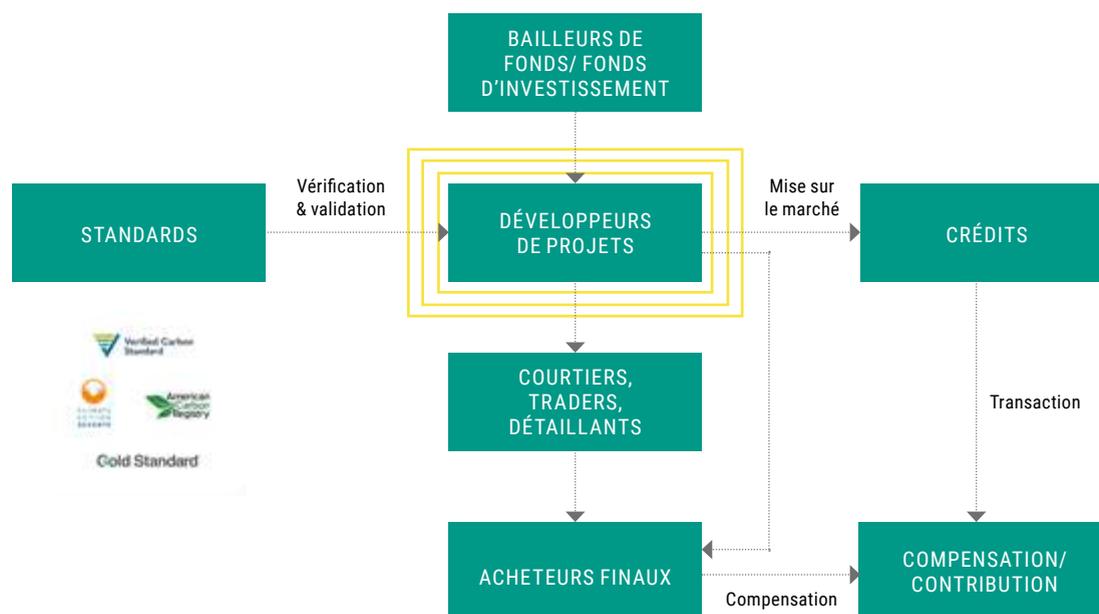
« La compensation écologique correspond à des actions en faveur de certaines composantes de la nature dont l'objectif est d'engendrer des gains écologiques jugés quantitativement et qualitativement équivalents, ou supérieurs, à des pertes écologiques subies par ailleurs, par ces mêmes composantes, du fait d'activités humaines »<sup>17</sup>. Parmi les compensations écologiques, la compensation carbone vise spécifiquement à répondre au problème du réchauffement climatique causé par la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. La compensation carbone peut être exigée dans un cadre réglementaire (ex : CORSIA, cadre de compensation

volontaire du secteur aérien international) ou bien faire l'objet d'une démarche volontaire d'un acteur engagé. Le marché carbone volontaire (MCV) permet l'échange libre de crédits carbone visant à financer des projets contribuant à la réduction, l'évitement ou à l'élimination de GES tels que la production d'énergie, l'efficacité énergétique, l'agriculture ou la foresterie. Le MCV constitue un canal important de financement potentiel à destination de projets pour la transition bas carbone. Le MCV se distingue des réglementations « pollueurs-payeurs », en ce qu'il est adossé au financement de projets de terrain.

**FIGURE 1**

**L'ÉCOSYSTÈME DU MARCHÉ VOLONTAIRE DE CRÉDITS CARBONE**

Source : [Abatable, 2022](#)



## Les solutions fondées sur la nature prennent racine, les projets d'élimination restent en germe

Qu'il s'inscrive dans une logique de « compensation » ou de « contribution », l'achat de crédits carbone sur le marché volontaire est en plein essor. D'après le rapport *Net Zero Stocktake 2022*, 40 % des 702 entreprises cotées en bourse observées par Net Zero Tracker envisagent explicitement de recourir aux crédits de compensation pour atteindre leurs objectifs (seules 2 % l'excluent, la majorité ne le précisant pas)<sup>18</sup>.

**Pour la première fois, la valeur du marché a dépassé le milliard de dollars et quadruplé en un an pour atteindre près de deux milliards en 2021, d'après Ecosystem Marketplace<sup>19</sup>. Ce sont ainsi près de 500 MtCO<sub>2</sub>e qui ont été échangés sur le marché volontaire en 2021, à un prix moyen de 4 \$/tCO<sub>2</sub>e.** Dans l'ensemble, ce sont des volumes très inférieurs à ceux observés dans certains marchés carbone réglementaires<sup>c</sup>, mais ils ne reflètent pas la même réalité. Les prix sur les marchés « *cap-and-trade* » sont directement influencés par le rationnement des quotas alloués et reflètent ainsi un coût d'opportunité pour l'entreprise entre l'achat de quotas supplémentaires et une dépense d'investissement de transition. À l'inverse, sur le marché volontaire, le prix des crédits est surtout adossé au coût réel des projets certifiés. Cependant, l'intermédiation et

la financiarisation croissante du marché, le durcissement des standards de certification et la croissance de la demande attendue au vu des engagements net zéro est de nature à générer une variation des prix plus importante, comme observée.

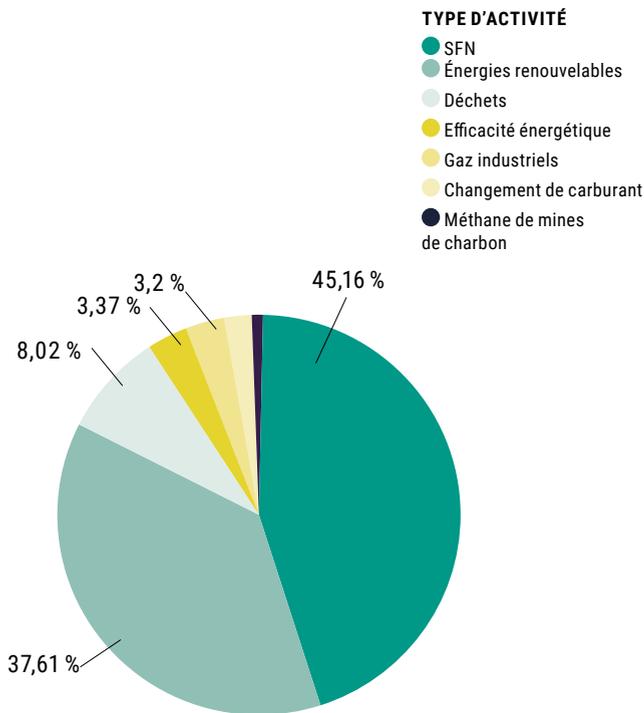
En effet, si les prix moyens du marché volontaire demeurent assez bas, ils ont, dans l'ensemble, fortement augmenté durant l'année 2021, avant de retomber parfois abruptement au premier trimestre 2022 sous l'effet de l'inflation et de la hausse des prix de l'énergie, qui ont pu réduire la demande (FIG. 2). Par ailleurs, le volume de crédits mis sur le marché dépasse désormais les retraits de 129 %, alors qu'ils étaient à l'équilibre jusqu'en 2017. Cet écart ne signifie pas nécessairement que la demande ne suit pas la croissance de l'offre de crédits. Il reflète plutôt une double tendance à l'orientation du marché vers des contrats standardisés de plus long terme, et une intermédiation croissante du marché. En effet, la Banque mondiale<sup>20</sup> observe une tendance à la standardisation des contrats, notamment via l'émergence de contrats à terme sur les marchés organisés (*futures contracts*) permettant de constituer des offres de « paquets » de crédits carbone partageant des caractéristiques communes (millésime, type de projet, cobénéfices, standards...). Les échanges au comptant de gré à gré (*spot contracts*) entre acheteur et vendeur de crédits restent la norme, mais l'entrée massive d'intermédiaires financiers (courtiers, traders, fonds d'investissement...) sur le marché volontaire ces dernières années complexifie le paysage et expose le marché à des mouvements spéculatifs à mesure qu'il devient plus lucratif.

<sup>c</sup> En effet, la valeur du marché des permis d'émissions de CO<sub>2</sub> échangés dans le monde a augmenté de 164 % en 2021, pour atteindre 760 milliards d'euros, selon le cabinet Refinitiv. 90 % de cette hausse est attribuable au système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne (SEQE-UE), le plus grand au monde. Alors qu'il a plafonné à 5 €/t durant la majeure partie de son existence entre 2005 et 2018, le prix de la tonne de carbone s'élève en juin 2022 à 88 €/t (pic à 97 €/t en février), en raison notamment de la baisse du volume de quotas gratuits et du resserrement de l'offre générale. Un niveau compatible avec l'accord de Paris, selon le Carbon Pricing Leadership Council, qui estimait en 2019 que seul un prix du carbone situé entre 50 et 100 \$/t peut avoir un effet levier suffisant pour engendrer les transformations nécessaires.

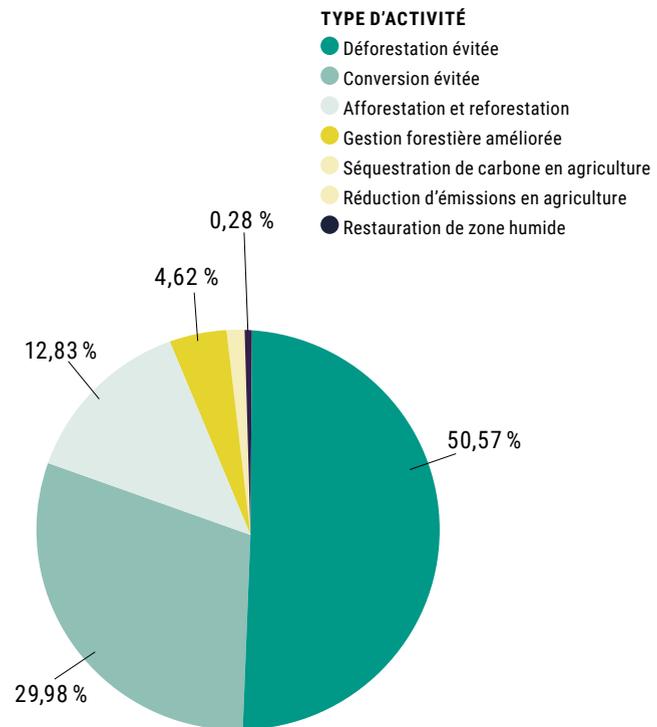
**FIGURE 3**

TYPOLOGIE DES CRÉDITS CARBONE (GAUCHE) ET DES CRÉDITS FONDÉS SUR LA NATURE (DROITE) MIS SUR LE MARCHÉ EN 2021

Source : [Climate Focus](#), 2022



**FIGURE 3.A**



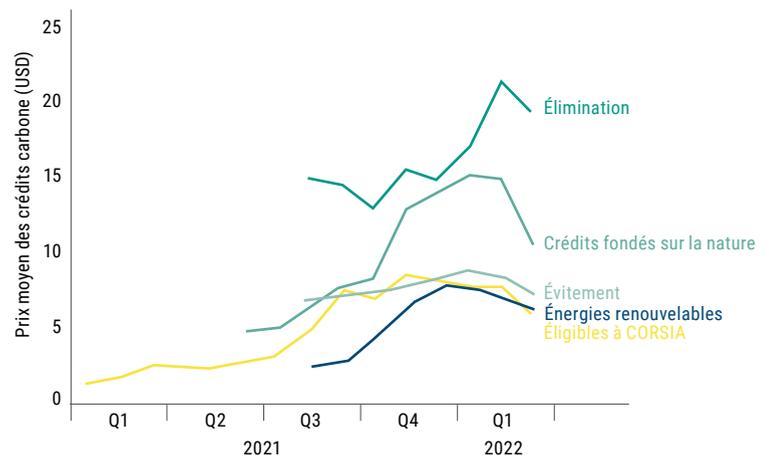
**FIGURE 3.B**

Le marché carbone volontaire bascule progressivement vers les « solutions fondées sur la nature » (SFN). Selon le Voluntary Carbon Market Dashboard, animé par le think tank Climate Focus, l'émission de crédits SFN a augmenté de près de 170 % entre 2020 et 2021. Représentant 45,2 % des crédits émis en 2021 (31,6 % en 2020), ils devancent désormais les projets d'énergies renouvelables (37,6 % en 2021 contre 47 % en 2020), qui dominaient le marché depuis plusieurs années. Parmi ces crédits, les activités d'évitement d'émissions sont dominantes et occupent 80 % (174,7 MtCO<sub>2</sub>e) de ces nouveaux crédits SFN en 2021-22<sup>21</sup>. En majeure partie, il s'agit de projets de conservation des forêts financés à travers REDD+ (*Reducing emissions from deforestation and forest degradation*), le programme de la CCNUCC pour la protection des forêts. Or, l'estimation de l'impact carbone de la déforestation évitée souffre d'incertitudes méthodologiques<sup>22</sup>. Carbon Direct, une entreprise de conseil en gestion du carbone, s'inquiète également de ce que les projets d'énergies renouvelables ne satisfont pas au critère d'additionnalité : avec ou sans crédit carbone, les projets auraient eu lieu au vu de la croissance du marché des renouvelables.

**FIGURE 2**

PRIX DES CONTRATS STANDARDISÉS DE CRÉDITS CARBONE

Source : [Banque mondiale](#), 2022



Le volume de transaction des crédits d'élimination (*removal*), qui ont vocation à développer des projets de captation et de stockage du carbone naturels (via la reforestation ou l'afforestation) ou technologiques (DAC, CCUS), reste modeste : en 2021, le volume d'échange de crédits issus de projets de réduction était 21 fois supérieur à celui des crédits issus de projets d'élimination, selon Ecosystem Marketplace. D'après Car-

bon Direct<sup>d</sup>, les projets de pure élimination ne représentaient que 3 % des crédits émis en 2021, et les crédits combinant élimination et réduction 13 %. Aucun crédit d'élimination durable, qui permet de séquestrer le carbone à très long terme et garantit un impact réel sur la concentration de GES dans l'atmosphère, n'a été émis en 2021<sup>23</sup>.

#### ENCADRÉ 4 • RETOUR D'EXPÉRIENCE

### LE CARBON FARMING, UN NOUVEAU DÉVELOPPEMENT DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

À l'échelle mondiale, les crédits carbone liés aux activités agricoles, bien que maintenus à une portion marginale du marché, connaissent un succès florissant. Le potentiel d'atténuation des sols agricoles a poussé la Commission européenne à adopter en décembre 2021 une Communication sur les cycles du carbone durable, dans le cadre de sa Stratégie « De la ferme à la fourchette » (*Farm to fork*). La Commission souhaite promouvoir dans ce cadre le « *carbon farming* », en s'appuyant sur les programmes de financement existants (PAC, LIFE, Interreg...) pour encourager des pratiques agricoles favorables à la séquestration et à la réduction des émissions (agroforesterie, protection des sols, restauration...). L'UE prévoit notamment de renforcer la standardisation des méthodologies de suivi, de rapportage et de vérification sur le *carbon farming*.

Un tel cadre existe déjà en France depuis 2019. Le Label bas carbone est un cadre national de certification des projets locaux de réduction et de séquestration des émissions de gaz à effet de serre. Opérationnel depuis 2019, il a été conçu par le ministère de la Transition écologique et des partenaires techniques, comme le think tank I4CE. 308 projets bénéficient aujourd'hui du Label bas carbone, qui ont répondu aux critères établis par une des méthodes sectorielles établies par le ministère pour évaluer les émissions réduites ou séquestrées par rapport à un scénario de référence. Ces méthodes couvrent aujourd'hui surtout les secteurs des forêts et de l'agriculture, mais aussi du bâtiment et des transports. La méthode Carbon Agri a donné naissance à France Carbon Agri Association, qui engage 302 agriculteurs à réduire leurs émissions, pour un potentiel de réduction 138 800 tCO<sub>2</sub>. En Afrique du Sud, le programme AgriCarbon piloté par l'opérateur local Climate Neutral Group a conduit en 2021 à la certification de 40 fermes laitières engagées dans la réduction de l'empreinte carbone et environnementale et la mise sur le marché de 230 000 tCO<sub>2</sub> de crédits, vendus entre 15 et 25 \$/t<sup>24</sup>.

Sources : [Ecologie.gouv, n.d.](#) ; [France Carbon Agri Association, 12/02/2021](#) ; [Climate Neutral Group, n.d.](#)

Toujours est-il que la hausse de la demande de crédits SFN se répercute sur les prix observés sur le marché. De moins de 5 \$/tCO<sub>2</sub>e en juin 2021, l'indice Platts CNC pour les crédits d'évitement et d'élimination naturels est monté jusqu'à 14,55 \$/tCO<sub>2</sub>e. Très recherchés par les clients face une offre resserrée, ce sont les crédits liés à l'élimination du carbone qui ont porté les prix moyens à la hausse, s'élevant jusqu'à 19 \$/tCO<sub>2</sub>e en mars 2022<sup>25</sup>. On observe ainsi un resserrement de l'écart de prix (*spread*) entre les crédits d'élimination naturelle (Platts Natural Carbon Capture) et les crédits d'évitement (Platts Nature-based Avoidance), de 7 \$/tCO<sub>2</sub>e en août à 0,95/tCO<sub>2</sub> en fin d'année 2021.

L'orientation du marché vers les crédits fondés sur la nature s'inscrit dans une tendance de plusieurs années. En effet, selon Ecosystem Marketplace, ce sont aussi les crédits liés aux projets d'afforestation et de reforestation qui se sont échangés au prix le plus élevé de façon durable entre 2019 et 2021 (8,1 \$/t en 2021). En comparaison, les échanges de crédits portant sur des projets d'installation d'appareils domestiques (surtout des foyers de cuisson améliorés) ont diminué de 40 %, mais leur prix continue d'augmenter et se maintient au-dessus de la moyenne, de 3,84 \$/t en 2019 à 5,75 \$/t en 2021. L'indice des prix des crédits d'énergies renouvelables a également augmenté en fin d'année, jusqu'à un niveau proche des crédits CORSIA<sup>26</sup>. À l'inverse, la bascule des crédits liés au secteur agricole, en plein boom (+876 % en un an), vers des crédits de gestion des pâturages à faible coût a précipité la baisse des prix de 11,8 \$/t en 2019 à 1,36 \$/t en août 2021 (cf. ENCADRÉ 4).

### Au-delà du carbone : les cobénéfices dans les projets de compensation augmentent la valeur des crédits

Le succès croissant des crédits SFN repose sur leur potentiel en tant que puits de carbone naturel. L'étendue du potentiel d'atténuation de la plantation d'arbres a fait l'objet de modélisations au niveau mondial qui ont donné lieu à des controverses académiques. En 2019, une étude portée par des chercheurs de l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETH Zurich) estimaient que les écosystèmes pourraient soutenir 0,9 milliard d'hectares de forêts continues supplémentaires, soit une augmentation de 25 % de la surface forestière. À maturité, cela représenterait un puits de carbone de plus de 200 Gt, et la capacité de stocker de 25 % de carbone atmosphérique<sup>27</sup>. Cette étude a soulevé de multiples débats et suscité de nombreuses réponses, tant sur la méthode de modélisation à une telle échelle que sur les conclusions « simplistes » auxquelles l'étude pouvait conduire sur la valeur des arbres en tant que solution aux problèmes environnementaux<sup>28</sup>. Cette conception « carbo-centrée » des SFN interroge également

<sup>d</sup> L'analyse de Carbon Direct se base sur les données de la Berkeley's Voluntary Registry Offsets Database (VROD), qui agrège l'ensemble des projets de gestion du carbone des quatre plus grand registres de compensation volontaire : American Carbon Registry (ACR), Climate Action Reserve (CAR), Gold Standard (GS) et Verra (VCS). Soit plus d'1,5 GtCO<sub>2</sub> sur plus de 5 000 projets.



leurs cobénéfices pour la biodiversité, l'économie et les communautés locales. Toute la littérature académique tend de manière générale à démontrer que les impacts des solutions fondées sur la nature sont complexes et variables selon les contextes locaux, avec des synergies ou des compromis avec les Objectifs de développement durable (ODD).

Les cobénéfices désignent tous les bénéfices additionnels environnementaux, sociaux et autres tirés d'un projet carbone. Dans son Rapport spécial sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C, le GIEC insiste sur ce point : « *les options d'atténuation cohérentes avec une trajectoire 1,5 °C sont associées à de multiples synergies et compromis avec les Objectifs de développement durable (ODD)*<sup>29</sup>. » Ainsi, les cobénéfices d'un projet de réduction, d'évitement ou d'élimination d'émissions peuvent s'apprécier selon qu'ils facilitent l'accès à l'énergie (ODD 7), réduisent les inégalités de genre (ODD 5) et économiques (ODD 10), créent de la valeur économique et de l'emploi (ODD 8), ou encore protègent la biodiversité terrestre (ODD 15) et marine (ODD 14).

Les projets de conservation des forêts, qui représentent la majorité des projets fondés sur la nature, peuvent notamment générer d'importants cobénéfices pour la biodiversité en plus de la séquestration du carbone. À cet égard, les pays participants au programme REDD+ pour la conservation des forêts tendent de plus en plus à intégrer des indicateurs de biodiversité non forestière dans leurs inventaires nationaux des forêts, mais les méthodologies demeurent encore très disparates, rapporte une étude<sup>30</sup>.

Toutefois, des chercheurs estiment que la plantation d'arbres serait plus souvent motivée par ses bénéfices utilitaires et commerciaux que par sa valeur (plantation) en tant que puits de carbone et de biodiversité. Le nombre d'organisations porteuses et développeuses de projets de plantation d'arbres (afforestation ou reforestation) dans les zones tropicales et subtropicales a presque quadruplé en 30 ans, en particulier les organisations à but lucratif. Pour la plupart, elles mettent en œuvre des systèmes d'agroforesterie, des campagnes de plantation d'espèces mixtes ou singulières, ou procèdent à de la régénération naturelle assistée. Les espèces les plus souvent rapportées sont le cacao, le teck, le moringa, la mangue et le café, qui répondent avant tout à un besoin économique pour les populations locales<sup>31</sup>.

Un récent exemple de cette approche utilitaire et commerciale est celui du Gabon, dont les forêts occupent encore 88 % du territoire. Le ministre de l'Environnement, Lee White, a annoncé en juillet 2022 l'émission de 187 millions de crédits carbone dans le cadre de REDD+, afin d'en vendre la moitié sur le marché volontaire avant la COP27. Ce serait la plus grande mise sur le marché de crédits carbone jamais réalisée. Le ministre du Gabon espère ainsi générer des revenus, estimés à 291 M\$, afin de préserver ses forêts, mais aussi d'en assurer l'exploitation durable des ressources<sup>32</sup>. Quelques jours auparavant, TotalEnergies annonçait l'acquisition de 49 % des parts de

la Compagnie des Bois du Gabon, qui gère 600 000 ha de forêts certifiées FSC dans le pays, afin de générer des crédits carbone et de compenser ses émissions<sup>33</sup>.

De façon générale, les cobénéfices sociaux et environnementaux augmentent la valeur des crédits carbone sur le marché volontaire : selon Ecosystem Marketplace, les crédits certifiant des projets assortis de cobénéfices atteignent un prix moyen pondéré de 5,95 \$/t, contre 2,77 \$/t pour les autres projets. Une récente étude portant sur 2 259 projets certifiés par le mécanisme de développement propre (MDP) du protocole de Kyoto estime que les projets offrant la plus haute garantie de cobénéfices étaient valorisés à un prix 30,4 % supérieur aux projets avec de faibles cobénéfices, avec un premium additionnel pour les projets CDM certifiés par Gold Standard<sup>34</sup>.

En effet, la mesure des cobénéfices des crédits carbone est entrée depuis longtemps dans les critères d'évaluation des principaux standards de certification. Depuis sa naissance en 2003, Gold Standard impose l'évaluation de l'impact des projets carbone sur les communautés et les populations voisines. En 2017, le « Gold Standard for Global Goals » (GS4GG) est devenu son nouveau standard de référence, destiné à répondre autant aux objectifs de l'accord de Paris qu'aux ODD. Plus récemment, Gold Standard a rendu obligatoire l'utilisation du SDG Impact Tool, un outil lancé en décembre 2021 pour aider les porteurs de projets à évaluer l'impact de leur projet de carbone sur les ODD. En 2019, Verra a présenté Sustainable Development Verified Impact Standard (SD VISta), un ensemble de règles et de critères d'évaluation qui permet à un évaluateur indépendant de certifier la contribution d'un projet aux ODD<sup>35</sup>. Sous son programme Climate, Community & Biodiversity (CCB) Standards, Verra appose un label aux projets certifiés (VCS) qui génèrent des bénéfices positifs aux communautés locales et à la biodiversité. À date, 51 projets ont été validés, 75 vérifiés, et plus de 310 millions de crédits ont été émis avec le label (environ 30 % de l'ensemble des crédits VCS émis)<sup>6</sup>.

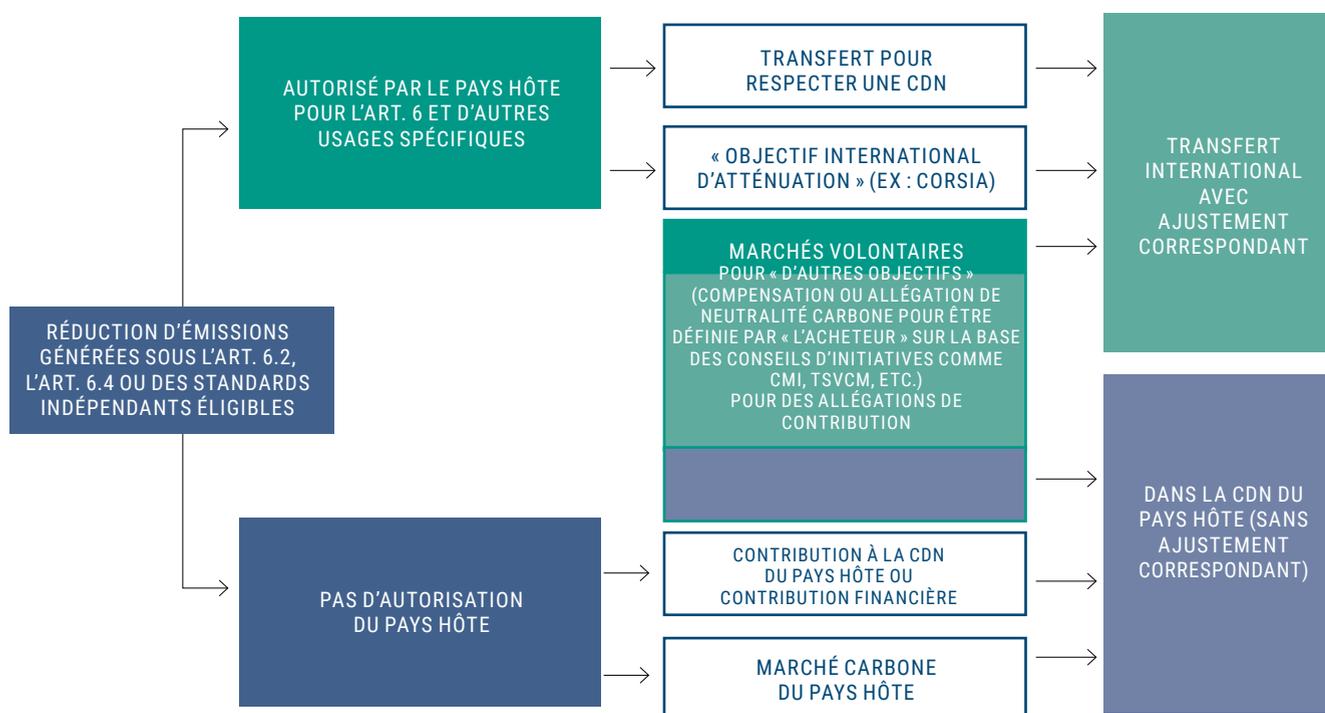
La croissance de l'intérêt pour les SFN appelle également à une régulation des pratiques pour assurer la crédibilité des projets et des crédits émis. En juillet 2021, la [Natural Climate Solution Alliance](#) (NCSA), une coalition multiacteurs portée par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) et le Forum économique mondial, a publié un guide sur l'utilisation des crédits fondés sur la nature. Le document, intitulé *Natural Climate Solutions for Corporates*, adresse des consignes aux acteurs de l'offre et de la demande de crédits sur l'utilisation crédible et intègre de crédits certifiant des projets fondés sur la nature<sup>36</sup>. En mai 2022, NCSA a consacré six projets « phares » en matière de solutions fondés sur la nature, tous certifiés par Verra. D'autres initiatives comme [Nature4Climate](#), lancée en 2017 et composée de 19 organisations spécialisées, mènent campagne pour développer les investissements dans ce secteur.

e Voir le Verra Registry : [www.registry.verra.org/#/ccb](http://www.registry.verra.org/#/ccb)

FIGURE 4

LE SYSTÈME D'AJUSTEMENTS CORRESPONDANTS ET D'ÉLIGIBILITÉ DES CRÉDITS CARBONE DANS LE CADRE DE L'ARTICLE 6.2

Source : Banque mondiale, 2022



### 3. LES CADRES INTERNATIONAUX DE RÉGULATION DES MARCHÉS CARBONE SE RENFORCENT

#### Les règles d'application de l'article 6 de l'accord de Paris adoptées à la COP26

Après plusieurs années de négociations, les règles d'application de l'article 6 (*Article 6 rulebook*) ont finalement été adoptées le 13 novembre 2021. Elles comprennent un certain nombre d'avancées significatives qui viennent trancher des débats controversés en discussion depuis la signature de l'accord de Paris. En particulier, les règles de comptabilité pour éviter tout double comptage ont soulevé beaucoup d'inquiétudes. Certaines conclusions restent soumises à interprétations, et de nombreuses modalités de mise en œuvre feront l'objet d'un programme de travail dans les années à venir<sup>37</sup>. Les dispositions de l'article 6 auront des conséquences directes sur le fonctionnement du marché volontaire.

L'article 6 de l'accord de Paris vise à définir les règles de coopération volontaire entre les parties pour mettre en œuvre leur contribution déterminée au niveau national (CDN). Deux mécanismes de marché sont prévus :

- **l'article 6.2** prévoit la possibilité pour les États d'opérer entre eux de façon bilatérale des échanges internationaux de résultats d'atténuation (*internationally transferred mitigation outcomes – ITMOs*) dans le cadre de « démarches concertées » (*cooperative approaches*).
- **l'article 6.4** établit un nouveau marché multilatéral, centralisé, avec son propre bureau exécutif, à la manière du Clean Development Mechanism du protocole de Kyoto.

**Les décisions de Glasgow permettent aux ITMO éligibles à l'article 6.2 d'être échangés en vue non seulement d'aider les parties à atteindre leurs CDN, mais également d'autres « objectifs d'atténuation internationaux » (*international***

**mitigation purposes) voire d'« autres objectifs » (other purposes) déterminés par les parties.** Les « objectifs d'atténuation internationaux » ne sont pas précisés, mais sont entendus comme faisant référence implicitement aux programmes de réduction des émissions de l'OACI pour l'aviation et de l'OMI pour le transport maritime. La référence aux « autres objectifs » laisse entendre que les États sont libres de décider si leurs ITMO peuvent être utilisés sur le marché carbone volontaire. S'ils ne sont pas autorisés par les parties à être échangés dans le cadre de l'article 6.2 (on parle alors de « crédit non autorisés »), les résultats d'atténuation peuvent être portés au crédit de sa CDN, ou bien être utilisés pour des objectifs domestiques, la finance fondée sur les résultats, ou bien dans un marché carbone volontaire. Tout échange d'ITMO doit faire l'objet d'un « ajustement correspondant » afin d'éviter un double-comptage lorsque qu'une partie porte au crédit de sa CDN les résultats d'atténuation qu'une autre partie lui aura transférés. Deux parties ne peuvent donc pas revendiquer dans leur bilan un même résultat d'atténuation. En revanche, les décisions de Glasgow laissent à la discrétion des parties le choix d'opérer ou non un ajustement correspondant sur les « crédits non autorisés » pour l'article 6.2 qui sont utilisés dans le marché volontaire, et aux certificateurs et programmes de crédits de discriminer ou non ces crédits. En d'autres termes, la question est de savoir si un pays comme les États-Unis peut revendiquer dans son inventaire un résultat d'atténuation obtenu par une entreprise établie sur son territoire national, comme Amazon, via l'achat de crédits carbone sur le marché volontaire, au risque d'affaiblir ses politiques volontaristes de réduction.

Dans les règles établies par la Voluntary Carbon Market Integrity Initiative (VCMI) dans son Code de pratique provisoire proposé en juin 2022 (**cf. PLUS BAS**), les ajustements correspondants ne seront pas obligatoires. Verra<sup>38</sup> puis Gold Standard – qui avait pourtant annoncé l'inverse au départ<sup>39</sup> – se sont alignés sur cette position. Quatre États parmi les 32 signataires des « Principes de San José » pour l'intégrité des marchés carbone internationaux ont déjà affirmé qu'ils n'utiliseront pas ni ne transféreront de résultat d'atténuation sans ajustement correspondant.

## L'article 6.4 scelle la fin du Mécanisme de développement propre

L'article 6.4 pose la création d'un nouveau mécanisme pour remplacer le Mécanisme de développement propre (MDP, *Clean Development Mechanism*) du protocole de Kyoto. Dans le cadre du MDP, les pays développés avec un objectif de réduction d'émissions (dits « Annexe B ») pouvaient acheter des « certificats de réduction d'émissions » (CRE) générés par des projets mis en œuvre dans des pays en développement. Pour se faire délivrer un CRE, un projet MDP devait permettre

une réduction des émissions « additionnelle » qui ne serait pas arrivée autrement. Mais les crédits MDP ont acquis une mauvaise réputation au regard de la faiblesse des standards qui encadrent leur certification. La négociation de l'article 6.4 s'est avérée particulièrement épineuse, en raison notamment de l'opposition du Brésil, de la Chine, de l'Inde et de la Corée du Sud aux règles sur le double-comptage. Les décisions de Glasgow font évoluer le mécanisme de l'article 6.4 pour répondre à plusieurs critiques adressées au MDP :

- Des ajustements correspondants lors de transferts de réductions d'émissions (appelées « A6.4ER » dans le jargon) entre les parties ou vers CORSIA ou des ETS.
- Pour augmenter l'ambition du mécanisme par rapport au MDP, un « objectif global de réduction d'émissions » (OMGE) est fixé. Cela signifie que 2 % des crédits A6.4ER seront annulés au moment de leur émission, et ne pourront donc être mis au crédit d'aucune partie dans une optique de pure compensation.
- Une part obligatoire de 5 % des transactions sera prélevée pour nourrir le Fonds d'adaptation.
- Un point reste controversé quant à l'utilisation des crédits MDP anciens dans les CDN des parties. Les CRE émis entre 2013 et 2020, soit environ 100 MtCO<sub>2</sub>, ont finalement été admis pour être utilisés par les parties pour tenir les objectifs de leur premier cycle de CDN.

## Sous pression de la pandémie, CORSIA ne décolle pas

Afin « d'atteindre une croissance neutre en carbone à partir de 2020 et de réduire de 50 % ses émissions de carbone par rapport aux niveaux de 2005 »<sup>f</sup> le secteur de l'aviation civile internationale s'est organisé depuis 2016 autour du Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), un programme de compensation des émissions mis en place par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Le programme est planifié en trois grandes phases de mise en œuvre : la phase pilote (2021-2023) et la première phase (2024-2026) sont volontaires, et ce n'est qu'à partir de la deuxième phase (2027) que le programme devient obligatoire. La phase pilote du programme a été lancée le 1er janvier 2021 ; durant celle-ci, les compagnies participantes devront compenser uniquement les vols entre les pays qui se seront portés volontaires pour expérimenter le programme. Ils sont désormais 107 pays à y participer, parmi les 193 membres de l'OACI, et représentent 76 % de l'activité internationale. À partir de 2027, la compensation deviendra obligatoire pour l'ensemble des vols internationaux.

Depuis sa création, le programme CORSIA peine à répondre aux interrogations sur sa capacité réelle à pousser la transition du secteur. Le Conseil de l'OACI a progressivement renforcé ses règles d'application, en restreignant les crédits qualifiés

<sup>f</sup> Tel que déclaré par l'OACI dans la résolution adoptée lors de sa 39<sup>e</sup> session en octobre 2016 donnant naissance au programme CORSIA.

pour le programme à huit registres de certification<sup>9</sup> et en interdisant l'utilisation de crédits liés à des projets qui ont démarré avant le 1<sup>er</sup> janvier 2016.

Mais la pandémie de SARS-CoV-2 a mis un coup d'arrêt au programme avant même qu'il ne débute. En juin 2020, le Conseil de l'OACI a décidé d'activer une clause de sauvegarde contenue dans l'accord CORSIA pour faire reculer le seuil de référence du programme aux émissions de l'année 2019 au lieu de la moyenne des émissions du secteur en 2019-2020<sup>40</sup>. Cette décision retarde de trois ans l'entrée réelle dans le programme, puisqu'avec des émissions toujours inférieures à celles de 2019 en raison de la baisse du trafic induite par la pandémie, les compagnies volontaires n'auront théoriquement aucune émission supplémentaire à compenser durant toute la phase pilote<sup>41</sup>. En 2021, le prix moyen pondéré des crédits échangés chez cinq des programmes de compensation éligibles à CORSIA s'élevait à seulement 3,08 \$/t, contre 4,89 \$/t en 2020. C'est inférieur au prix moyen du marché (4 \$/t), avec un écart de prix (*spread*) allant de 0,5 \$/t à plus de 45 \$/t<sup>42</sup>. Cette baisse des prix est notamment imputable aux crédits « énergies renouvelables ».

Par ailleurs, la phase volontaire, qui se terminera en 2026, n'imposera la compensation que sur les vols entre deux pays volontaires, réduisant sa portée à environ 44 % des émissions totales de l'aviation internationale<sup>43</sup>. Seize nouveaux pays ont rejoint le programme volontaire à compter de 2022, mais la Chine, la Russie, le Brésil et l'Inde comptent toujours parmi

les absents notables<sup>44</sup>. Enfin, il existe un risque important de double-comptage des réductions des émissions si les pays qui transfèrent des crédits aux compagnies aériennes ne procèdent pas à un « ajustement correspondant ».

Pour éclairer les décisions d'achat de crédits carbone, l'IATA a lancé fin 2020 l'*Aviation Carbon Exchange*, une plateforme électronique grâce à laquelle les compagnies aériennes peuvent identifier, sélectionner et échanger des unités d'émissions volontaires et éligibles au titre de CORSIA<sup>45</sup>. JetBlue, une compagnie américaine *low-cost*, a inauguré le programme en achetant des crédits pour le développement du parc éolien *Larimar* en République dominicaine. Une fois achevé, le projet créditera la compagnie de 200 000 tCO<sub>2</sub> évitées par an<sup>46</sup>.

À ce système, de grandes compagnies du monde entier ont ajouté des programmes de compensation volontaire, dont plusieurs ont commencé en 2020. Toutefois, en mai 2021, une enquête publiée par Unearthed<sup>h</sup> et le quotidien *The Guardian* a montré comment, sur une sélection de projets de compensation visant à réduire la déforestation, financés par des compagnies aériennes britanniques et certifiés par Verra, le plus grand pourvoyeur de crédits carbone au monde, les méthodologies employées ne permettaient pas de conclure en des baisses réelles des émissions de CO<sub>2</sub><sup>47</sup>. Est notamment mise en cause la notion de « déforestation évitée », mesurée arbitrairement par l'organisme certificateur, sans contrôle d'une autorité centrale indépendante.

**FIGURE 5**

**LES TROIS PILIERS DU RÉFÉRENTIEL NET ZERO INITIATIVE POUR LA « NEUTRALITÉ D'ENTREPRISE »**

Source : *Carbone4*, 2020

		<b>PILLIER A</b> Je réduis mes émissions de GES	<b>PILLIER B</b> Je réduis les émissions des autres	<b>PILLIER C</b> J'augmente les puits de carbone
Dans ma chaîne de valeur	Chez moi	Émissions directes		Absorptions indirectes
	En amont et en aval	Émissions indirectes	Émissions évitées par mes produits et services	Absorptions indirectes
Hors de ma chaîne de valeur			Émissions évitées par financement de projets de réduction	Absorptions par financement de projets de séquestration

g Ces huit programmes sont : American Carbon Registry, China GHG Voluntary Emission Reduction Program, Clean Development Mechanism, Climate Action Reserve, The Gold Standard, Verified Carbon Standard, Global Carbon Council et l'Architecture for REDD+ Transactions.

h Unearthed est une initiative journalistique de Greenpeace.

## 4. LA GOUVERNANCE DU MARCHÉ CARBONE VOLONTAIRE SE STRUCTURE

### De nouveaux référentiels pour encadrer les « claims »

Parce qu'elle permet de financer un projet d'atténuation en dehors de son périmètre d'activité, la perspective de pouvoir se revendiquer « neutre en carbone » constitue pour une organisation la principale contrepartie au financement de projet via l'achat de crédits carbone sur le marché volontaire. Mais en l'absence de norme universelle et d'autorité centrale régulatrice, les engagements net zéro des entreprises sont en quête de crédibilité.

Dans un rapport publié en février 2022 intitulé « *Corporate Climate Responsibility Monitor 2022* » (CCRM) Carbon Market Watch et le NewClimate Institute ont épinglé les engagements neutralité carbone formulés par 25 des plus grandes entreprises mondiales. Alors que leurs émissions cumulées rapportées dans leurs inventaires s'élèvent à 2,7 GtCO<sub>2</sub>e, soit 5 % des émissions mondiales<sup>48</sup>, les objectifs formulés par ces entreprises ne les engagent qu'à une réduction agrégée de leurs émissions de 40 % en moyenne à l'échéance qu'elles se sont fixées. Seules 13 entreprises parmi elles ont assorti leurs engagements d'objectifs de réduction, et huit seulement considèrent l'ensemble de leur chaîne de valeur (Scope 3).

Cette analyse prend le contrepied des évaluations formulées par les principaux standards et évaluateurs des stratégies climat des entreprises. Les auteurs de l'étude estiment que pour la majorité des 18 entreprises de l'échantillon, la validation de leur objectif net zéro par le SBTi est en réalité « *hautement discutable ou inexacte* ». En particulier, le CCRM relève des années de référence (baseline year) trop élevées et des incohérences entre les évaluations SBTi et les propres rapports de suivi et de progrès des entreprises. Les auteurs pointent au final un « *potentiel conflit d'intérêt* » du SBTi, qui produit une évaluation contre rémunération des entreprises au regard de ses propres standards, et « *soulève la question de savoir s'il est réaliste et recevable de conduire des évaluations en masse pour des entreprises sans ressources suffisantes pour pousser les enquêtes* »<sup>49</sup>.

En France, le cabinet de conseil Carbone 4 a présenté le référentiel [Net Zero Initiative](#) (NZI) en avril 2020<sup>50</sup>. Ce référentiel à destination des entreprises propose une définition normative de la « neutralité d'entreprise » afin de la reconnecter avec l'objectif de neutralité planétaire. Concrètement, NZI accompagne et fournit un cadre aux entreprises pour mettre en œuvre leur stratégie climat pour la neutralité carbone.

NZI est fondé sur une conception restrictive mais ambitieuse de la neutralité carbone, qu'elle conçoit uniquement à une

échelle collective – planétaire ou nationale. Dans le NZI, contrairement au CNZS, une organisation individuelle ne peut donc pas se revendiquer « neutre en carbone », mais peut en revanche communiquer sur sa « contribution » à la neutralité planétaire ou nationale. Pour maximiser la contribution des entreprises, le référentiel NZI, à l'instar du CNZS, fait la distinction entre les actions de réduction des émissions propres de l'entreprise (ce qu'elle nomme le « pilier A »), de réduction des émissions des autres (« pilier B ») et d'élimination (« pilier C »).

Dans le cadre du référentiel NZI, l'achat de crédits carbone constitue donc seulement un instrument parmi d'autres mobilisables par l'organisation dans le cadre de son pilier B ou C. Dans le cadre du pilier B, le crédit carbone certifie le financement d'un projet conduisant à l'évitement d'émissions par rapport à un scénario de référence en dehors de la chaîne de valeur de l'entreprise. Dans le cadre du pilier C, le crédit carbone certifie le financement d'un projet conduisant à la séquestration de carbone. Dans les deux cas, l'entreprise ne peut pas revendiquer la « possession » de la réduction, mais juste son financement, dans l'esprit d'une « contribution » à la neutralité collective (**CF. PLUS HAUT**).

Pour répondre à ce besoin de crédibilité et d'intégrité des entreprises qui se revendiquent (*claim*) « neutres en carbone », la **Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative** (VCMI) a dévoilé en juin 2022 un « Code de pratique des allégations » (*Claim Code of Practice*). Le Code prévoit notamment qu'une allégation s'appuie d'abord sur un objectif « net zéro » (*pledge*) fondé sur la science, recommandant pour cela la certification du Net Zero Standard du SBTi (**CF. PLUS BAS**) ; il requiert aussi l'achat de crédits carbone permettant l'atténuation en dehors de la chaîne de valeur de l'organisation, et l'utilisation de crédits de haute qualité.

Soumis à consultation jusqu'en août, le code soulève déjà des inquiétudes. L'ONG Reclaim Finance le qualifie ainsi de « manuel du greenwashing », estimant notamment qu'il ne contraint pas suffisamment les entreprises à réduire leurs émissions avant de recourir aux crédits de compensation et de pouvoir se prévaloir d'une allégation « net zéro », et manque de précision dans l'ensemble de ses attentes<sup>51</sup>.

Enfin, des États se sont emparés du sujet et ont entrepris de réguler les allégations de neutralité carbone des entreprises. C'est le cas de la France qui, dans la Loi climat et résilience votée en août 2021, interdit à un annonceur d'affirmer la « neutralité carbone » de son produit ou de son service sans présenter un bilan de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie, qui soit aisément accessible au public et mis à jour tous les ans<sup>52</sup>. L'Union européenne est également en cours d'examen d'une initiative visant à réguler plus généralement les « allégations vertes » (*green claims*).

## Des référentiels pour construire une approche universelle de la compensation alignée sur l'accord de Paris

À l'instar des engagements et revendications des organisations à la neutralité carbone, il n'existe aucune autorité régulatrice sur le marché volontaire du carbone. Depuis 2008, l'International Carbon Reduction and Offset Alliance (ICROA) accrédite les organisations actives dans la chaîne de valeur de la réduction d'émissions et de la compensation qui sont conformes à son « code de bonnes pratiques » en vue de renforcer l'intégrité, la qualité et l'impact des crédits carbone. En 2011, elle a rejoint l'International Emission Trading Association (IETA), créée en 1999 dans la foulée de la signature du protocole de Kyoto. Ces dernières années, plusieurs référentiels ont été développés en vue de créer une adhésion à des principes d'intégrité et de robustesse en matière de compensation.

Publiés en septembre 2020, les **Principes d'Oxford** cherchent à définir des principes communs pour que tous les engagements net zéro convergent vers les mêmes hypothèses et exigences quant à l'utilisation de crédits carbone. Ces principes visent à fournir aux acheteurs de crédits une compréhension cohérente du rôle de la compensation inscrite dans une stratégie globale d'atténuation<sup>53</sup>. Les Principes d'Oxford ont été intégrés dans la campagne Race to Zero. Les objectifs des Principes d'Oxford sont :

- **Principe 1.** Donner la priorité à la réduction de ses propres émissions, utiliser des crédits de compensation de haute qualité et réviser régulièrement la stratégie de compensation par rapport à l'évolution des meilleures pratiques ;
- **Principe 2.** Passer de crédits de compensation « réduction d'émissions » à une compensation « élimination du carbone » ;
- **Principe 3.** Passage du stockage de courte durée au stockage de longue durée ;
- **Principe 4.** Soutenir le développement de la compensation alignée sur le « zéro émission nette ».

Les principes sont destinés à être applicables à tous les acteurs non-étatiques qui, du côté de la demande, souhaitent utiliser la compensation dans leurs plans de neutralité carbone. En encourageant les CSC, les Principes d'Oxford priorisent une approche résolument technologique de la compensation sur une approche « fondée sur la nature », arguant une plus forte permanence du stockage permis par la CSC<sup>i</sup>. Une position partagée par Carbon Direct dans ses analyses, qui plaide pour la multiplication des crédits de séquestration de long terme. Au même moment, en septembre 2020, naissait la **Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets (TSVCM)**, une initiative

internationale multiacteurs visant à pousser la croissance du marché carbone volontaire. Initiée par Mark Carney, l'envoyé spécial des Nations unies pour l'action climat et conseiller financier de Boris Johnson pour la COP26, la TSVCM a rassemblé plus de 250 représentants d'entreprises privées (Nestlé, Shell, Maersk, Tata Steel, Etihad...), d'opérateurs de compensation carbone (EcoAct, South Pole...), de certificateurs (Gold Standard, Verra, ACR...), de financiers (BNP, UBS, Goldman Sachs...) ou encore de chercheurs (LSE...). Les travaux de la taskforce ont débouché sur la publication de plusieurs rapports et la formation d'un nouvel organe de gouvernance, en octobre 2021, nommé **Integrity Council for Voluntary Carbon Markets (IC-VCM)**.

L'IC-VCM est désormais chargé de développer les *Core Carbon Principles (CCPs)*, un « méta-standard » qui doit servir de dénominateur commun aux méthodologies de certification en vue de promouvoir des crédits carbone de haute qualité et transparents. La première étape du travail de l'IC-VCM a été de nommer à son conseil d'administration trois membres issus de peuples autochtones et de communautés locales en vue de représenter les populations vivant des régions du monde les plus concernées par les projets carbone<sup>54</sup>.



### GRANDS ENSEIGNEMENTS

**2021 fut une année faste pour le marché carbone volontaire, porté par la vague d'engagements des entreprises à atteindre « zéro émission nette ». Multipliée par quatre en un an, la valeur des crédits échangés au niveau mondial montre l'intérêt croissant des entreprises pour cet instrument dans le cadre de leurs plans de transition. En particulier, les crédits certifiant les projets de solutions fondées sur la nature rencontrent un succès florissant et occupent la première place du marché. Les cobénéfices pour la biodiversité et le développement des communautés locales sont également très recherchés. Cependant, les crédits d'élimination, qui permettent la captation et la séquestration additionnelle de CO<sub>2</sub> à long terme, demeurent très peu développés.**

**Dynamique, le marché carbone volontaire n'en demeure pas moins modeste et éloigné des niveaux de tarification du carbone jugés compatibles avec une trajectoire limitant le réchauffement à 2 ou 1,5 °C. Si elle permet de canaliser des ressources financières privées vers des projets bénéfiques à l'atténuation des émissions de GES, la possibilité offerte aux acteurs de revendiquer leur « neutralité carbone » en l'absence de norme universelle suscite la controverse. C'est pourquoi, de nouveaux cadres de gouvernance et standards sont en cours d'élaboration pour réguler l'usage des crédits carbone et encadrer les stratégies fondées sur la neutralité carbone. Si l'adoption de l'article 6 de l'accord de Paris ne change pour l'instant pas les fondamentaux du marché, il doit permettre une meilleure intégration du marché volontaire avec celui des États signataires.**

<sup>i</sup> Sur l'état actuel de développement des technologies de capture et de stockage du carbone, lire « Le CCUS entre dans une période charnière », par Guillaume Marchand, page 141 dans : Observatoire mondial de l'action climat non-étatique (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). *Climate Chance*



## RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 GIEC (2018). [Réchauffement planétaire de 1,5°C. Résumé pour décideurs](#). Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat
- 2 Goering, L. (03/11/2021). [Forget net-zero : meet the small-nation, carbon-negative club](#). Reuters
- 3 Day, T., Mooldijk, S., Kuramochi, T. (2020). [Navigating the Nuances of Net-Zero Targets](#). NewClimate Institute, Data-Driven EnviroLab
- 4 Ryan, D. (2021). [Accelerating climate action : the role of in-country local leadership networks in delivering Net Zero](#). UK100
- 5 SBTi (10/11/2021). [More than 1,000 companies commit to science-based emissions reductions in line with 1.5°C climate ambition](#). Science Based Targets initiative
- 6 Black, R., Cullen, K., Fay, B., Hale, T., Lang, J., Mahmood, S., Smith, S.M. (2021). [Taking Stock : A global assessment of net zero targets](#). Energy & Climate Intelligence Unit, Oxford Net Zero
- 7 Reuters (05/10/2021). [World's largest miners pledge net zero carbon emissions by 2050](#). Reuters
- 8 Observatoire Climate Chance (2021). [Bilan mondial de l'action climat par secteur](#). Climate Chance
- 9 ExxonMobil (18/01/2022). [ExxonMobil announces ambition for net zero greenhouse gas emissions by 2050](#). ExxonMobil
- 10 NQA (28/03/2022). [ISO 14068 – GREENHOUSE GAS MANAGEMENT AND RELATED ACTIVITIES](#). NQA
- 11 GIEC (2022). [Changement climatique 2022 : Atténuation du changement climatique](#). Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat
- 12 Natural Capital Partners (2022). [The CarbonNeutral Protocol](#). The global standard for carbon neutral programmes.
- 13 Voir sur le site : <https://sciencebasedtargets.org/companies-taking-action>
- 14 SBTi (2021). [SBTi CORPORATE NET-ZERO STANDARD. Version 1.0](#). Science Based Targets initiative
- 15 Lo, J. (18/05/2022). [Science Based Targets initiative kicks out oil companies, delays validation criteria](#). Climate Home News
- 16 Voir sur le site : <https://sciencebasedtargets.org/sectors/financial-institutions>
- 17 Levrel, H. (2020). Les compensations écologiques. Paris : La Découverte, Repères Écologie
- 18 Net Zero Tracker (2022). [Net Zero Stocktake 2022](#). Energy & Climate Intelligence Unit, Data-driven EnviroLab, NewClimate Institution, Oxford Net Zero
- 19 Donofrio, S., Maguire, P., Daley, C. et al. (2022). [The Art of Integrity. State of the Voluntary Carbon Markets 2022 Q3](#). Ecosystem Marketplace
- 20 Shifflett, S. (22/07/2022). [Booming Carbon-Credits Market Took Hit as Stocks Sold Off](#). Wall Street Journal
- 21 Climate Focus (up. 06/06/2022). [Voluntary Carbon Market Dashboard](#). Climate Focus
- 22 Brimont, L. (28/09/2016). [La performance des projets REDD+ : prédire le pire et promettre le meilleur ?](#) IDDRI
- 23 Carbon Direct (06/05/2022). [Assessing the State of the Voluntary Carbon Market in 2022](#). Carbon Direct
- 24 Roelf, W. (06/04/2022). [South African dairy farmers eye carbon credits while curbing emissions](#). Reuters
- 25 Banque mondiale (2022). [State and Trends of Carbon Pricing 2022](#). Banque mondiale
- 26 Sebastian, V. (06/01/2022). [Voluntary carbon market rally set to stretch into 2022 on demand optimism](#). S&P Global Platts
- 27 Bastin, J-F., Finegold, Y., Crowther, T. W., et al. (2019). [The global tree restoration potential](#). Science, vol. 365 (6448), pp. 76-79
- 28 Holl, K. D., Brancalion, P. H. S. (2020). [Tree planting is not a simple solution](#). Science, vol. 368 (6491), pp. 580-581
- 29 GIEC (2018). [Réchauffement planétaire de 1,5°C](#), op. cit.
- 30 Gillerot, L., Grussu, G., Condor-Golec, R., et al. (2021). [Progress on incorporating biodiversity monitoring in REDD+ through national forest inventories](#). Global Ecology and Conservation, vol. 32
- 31 Martin, M. P., Woodbury, D. J., Doroski, D. A., et al. (2021). [People plant trees for utility more often than for biodiversity or carbon](#). Biological Conservation, vol. 261
- 32 Rizk, Y. (04/07/2022). [Gabon to sell \\$2bn worth of carbon credits before COP27](#). The Africa Report
- 33 AFP (15/06/2022). [Crédits carbone : TotalEnergies investit dans la forêt gabonaise, avec l'acquisition de parts dans la Compagnie des Bois du Gabon](#). Connaissance des Énergies
- 34 Lou, J., Hultman, N., Patwardhan, A., Qiu, Y. L. (2022). [Integrating sustainability into climate finance by quantifying the co-benefits and market impact of carbon projects](#). Communications Earth & Environment, vol. 3 (137)
- 35 Verra (23/01/2019). [Verra Launches Sustainable Development Verified Impact Standard](#). Verra
- 36 WBCSD, WEF (15/07/2021). [Natural Climate Solutions for Corporates](#). World Business Council on Sustainable Development, World Economic Forum
- 37 Marcu, A. (2021). [Article 6 rule book. A post COP26 assessment](#). European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition
- 38 Verra (2021). [The Future of the Voluntary Carbon Market](#). Verra
- 39 Gold Standard (2021). [Aligning Gold Standard projects with the Paris Agreement](#). Summary of consultation feedback and next steps. Gold Standard
- 40 ICAO (30/06/2020). [Le Conseil de l'OACI convient d'activer la mesure de sauvegarde prévue dans le CORSIA du fait de la pandémie de COVID-19](#). International Civil Aviation Organisation
- 41 European Commission (2020). [Feedback from : Environmental Defense Fund](#) (page consultée le 9 juillet 2022)
- 42 ICAO (Nov. 2021). [CORSIA Newsletter](#)
- 43 Dufasne, G. (2020). [What will airlines buy to offset their pollution? Today's supply of carbon credits and tomorrow's demand from CORSIA](#). Carbon Market Watch
- 44 ICAO (06/07/2021). [Over 100 States now participate in ICAO's Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation \(CORSIA\)](#). ICAO
- 45 IATA (2021). [Aviation Carbon Exchange](#) (page consultée le 8 juillet 2021)
- 46 Drab, E. (16/11/2020). [L'IATA lance un programme de compensation carbone](#). Le Journal de l'Aviation
- 47 Clarke, J. S., Barratt, L. (04/05/2021). [Top airlines' promises to offset flights rely on 'phantom credits'](#). Unearthed
- 48 Day, T., Mooldijk, S., Smit, S., et al. (2022). [Corporate Climate Responsibility Monitor 2022](#). NewClimate Institute, Carbon Market Watch
- 49 Clark, P. (05/05/2022). [New SBTi boss takes over as criticisms mount](#). Financial Times
- 50 Dugast, C. (2020). [Net Zero Initiative. Un référentiel pour une neutralité carbone collective](#). Carbone 4, Net Zero Initiative
- 51 Reclaim Finance (23/06/2022). [VCMi : Carbon or Greenwashing Market?](#) Reclaim Finance
- 52 Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, ministère de la Transition énergétique (03/05/2022). [Mise en œuvre de la loi Climat et Résilience : entrée en vigueur de 3 dispositifs pour une publicité plus responsable](#). Ecologie.gouv.fr
- 53 University of Oxford (19/09/2020). [Oxford launches new principles for credible carbon offsetting](#). ox.ac.uk
- 54 ICVCM (19/04/2022). [Integrity Council for the Voluntary Carbon Market appoints new IPLC leadership](#). The Integrity Council for the Voluntary Carbon Market
- 55 Net Zero Initiative (29/06/2022). [10 principes pour une stratégie climat d'entreprise ambitieuse](#). Carbone 4





CLIMATE  
CHANGE



**ASSOCIATION CLIMATE CHANGE**

[association@climate-change.org](mailto:association@climate-change.org)

[www.climate-change.org](http://www.climate-change.org)

