



PGIM

MÉGATENDANCES

CONSTRUIRE L'AVENIR

Investir dans le paysage énergétique mondial

PRINTEMPS/ÉTÉ 2024

Réservé aux investisseurs professionnels.
Tous les investissements comportent des risques,
y compris une perte éventuelle de capital.



À propos de PGIM

PGIM est l'activité mondiale de gestion d'actifs de Prudential Financial, Inc. (PFI). Répartis dans 41 bureaux à travers 19 pays, plus de 1'450 professionnels de l'investissement sont au service de clients particuliers et institutionnels dans le monde entier.

En tant que gestionnaire d'actifs mondial de premier plan, avec 1'340 milliards de dollars d'actifs sous gestion, PGIM s'appuie sur la solidité, la stabilité et une gestion rigoureuse des risques*. Notre modèle multi-affilié nous permet d'offrir une expertise spécialisée dans les principales catégories d'actifs, avec une approche d'investissement ciblée. Nos clients disposent ainsi d'une gamme diversifiée de stratégies et de solutions d'investissement à l'échelle mondiale dans les catégories d'actifs publics et privés, y compris les titres à revenu fixe, les actions, l'immobilier, le crédit privé et d'autres alternatives.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur le site www.pgim.com.

Toutes les données sont à jour au 31 mars 2024.

* PGIM est l'activité de gestion des investissements de Prudential Financial, Inc. (PFI). PFI est le 11e plus grand gestionnaire d'investissements (sur 434 entreprises interrogées) en termes d'actifs institutionnels sous gestion dans le monde, d'après la liste des meilleurs gestionnaires d'argent de Pensions & Investments publiée en juin 2023. Ce classement représente les actifs des clients institutionnels sous gestion par PFI au 31 décembre 2022. La participation au classement P&I est volontaire et ouverte aux gestionnaires qui disposent de tout type d'ASG américains exonérés d'impôts. Les responsables signalent eux-mêmes leurs données via une enquête. P&I envoie l'enquête aux responsables précédemment identifiés et à tout nouveau responsable demandant à participer à l'enquête/au classement. Aucune rémunération n'est requise pour participer au classement.

INTRODUCTION

Des nations se sont développées et se sont effondrées, des gouvernements sont arrivés au pouvoir et en ont été chassés, des entreprises ont été créées et ont été démantelées, tout cela dans la quête d'énergie.¹ Nous sommes aujourd'hui à un tournant décisif du système énergétique.

Cela fait des décennies que le monde est confronté à un trilemme énergétique, à savoir trouver un équilibre entre les trois objectifs suivants: (1) un approvisionnement énergétique sûr, résilient et fiable; (2) un accès universel à une énergie abordable pour les usages domestiques et commerciaux; et (3) un système énergétique qui atténue et évite les impacts négatifs sur l'environnement.

La complexité de l'équilibre entre ces priorités concurrentes s'est toutefois considérablement accrue dans un monde confronté à de nombreuses crises imbriquées les unes dans les autres. Les chocs se sont succédés: la pandémie de COVID et ses conséquences, les conflits internationaux en Ukraine et au Moyen-Orient, les pressions exercées pour découpler les chaînes d'approvisionnement chinoises et l'augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes et des catastrophes naturelles.

Les investisseurs à long terme doivent pouvoir naviguer dans ce paysage énergétique incertain et sans précédent, et ce pour quatre raisons essentielles:

- 1. L'énergie est indispensable à toutes les activités humaines.** Elle représente non seulement 10% de l'économie mondiale, mais elle contribue également de manière essentielle aux 90% restants. Les prix de l'énergie influencent également les principaux indicateurs macroéconomiques, comme l'inflation, les habitudes de consommation, la croissance économique et les soldes extérieurs. Les réactions des gouvernements à la hausse des prix de l'énergie peuvent également avoir des conséquences budgétaires. Les chocs sur les prix de l'énergie perturbent les marchés, qu'il s'agisse du commerce, des marchés des matières premières ou de la politique monétaire, créant ainsi une grande incertitude en matière d'investissement.²
- 2. La sécurité énergétique est la sécurité nationale.** La mise en place et le maintien d'un accès sûr à l'énergie sont au cœur de nombreuses tensions géopolitiques. Il est essentiel de comprendre ces risques géopolitiques pour comprendre le risque souverain, évaluer les restrictions potentielles de capital sur les investissements moins liquides et surveiller les facteurs de risque spécifiques à chaque pays dans l'ensemble du portefeuille.
- 3. La transition énergétique, c'est-à-dire le passage à l'électrification et à un bouquet énergétique à faible**

teneur en carbone, offre de nouvelles possibilités d'investissement attrayantes. Mais la transition énergétique entraîne également un risque d'obsolescence dans les secteurs énergétiques en déclin qui peuvent encore être surreprésentés dans les portefeuilles des investisseurs, tout en exigeant une vigilance à l'égard d'innovations surestimées qui sont souvent trop éloignées, non rentables ou politiquement irréalisables.

- 4. Les investisseurs poursuivant des objectifs ESG ou ayant pris des engagements en matière de décarbonation savent que la demande et l'offre mondiales d'énergie sont telles que les combustibles fossiles resteront une source majeure d'approvisionnement en énergie pour les décennies à venir, malgré la transition nécessaire et continue vers une économie à faible émission de carbone.** Un tel monde exigera beaucoup de nuances; une stratégie simpliste qui diviserait le monde de l'investissement en méchants «marrons» et en héros «verts» *ne serait pas* l'approche la plus efficace pour atteindre les objectifs environnementaux ou fiduciaires.

Pour comprendre les opportunités d'investissement émergentes et les risques cachés d'un système énergétique mondial en transition, nous avons sollicité l'avis de 30 professionnels de l'investissement parmi les gestionnaires de titres à revenu fixe, d'actions, d'immobilier et d'alternatives privées de PGIM, ainsi que de décideurs politiques, d'universitaires, d'entrepreneurs, d'investisseurs en capital privé et en capital-risque de premier plan.

Le chapitre 1 présente les principaux facteurs qui remodelent le système énergétique. L'électrification est une composante essentielle et croissante de ce système, et les compromis qui en résultent dans le contexte d'une transition énergétique prolongée sont résumés au chapitre 2. Ces hypothèses et concepts fondamentaux permettent de mettre en évidence les thèmes d'investissement les plus attrayants du système énergétique dans le chapitre 3, où nous expliquons également comment éviter les opportunités spéculatives fortement médiatisées. Pour finir, le chapitre 4 présente un plan d'action pour les responsables des investissements qui évaluent l'impact de l'évolution du système énergétique sur l'ensemble de leur portefeuille.

TABLE DES MATIÈRES

LE NOUVEAU PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE

Page 3



PERSONNE N'EST PARFAIT: LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES SOURCES D'ÉLECTRICITÉ

Page 13



IMPLICATIONS SUR LES INVESTISSEMENTS

Page 19



IMPLICATIONS POUR LE PORTEFEUILLE

Page 29





CHAPITRE 1

LE NOUVEAU PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE

“

Même s'il faudra des décennies pour que le nouveau paysage énergétique apparaisse dans son ensemble, nous nous trouvons à un tournant décisif.”

01

CHAPITRE 1

LE NOUVEAU PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE

La production mondiale d'énergie en 1800 reposait essentiellement sur la biomasse à savoir le bois, les déchets agricoles et le charbon de bois, et n'aurait permis d'alimenter le monde d'aujourd'hui que pendant 12 jours. La deuxième révolution industrielle et le début du XX^e siècle ont vu notre demande d'énergie augmenter, sous l'effet conjugué de l'accroissement de la population, de la croissance économique et de l'apparition de nouvelles technologies à forte consommation d'énergie, allant de la machine à vapeur à l'automobile, en passant par l'avion et l'ordinateur (voir Illustration 1). Le système énergétique est devenu de plus en plus complexe pour subvenir à notre demande quasi insatiable, en ajoutant toute une série de nouvelles sources d'énergie telles que le charbon, le pétrole et le gaz et, plus récemment, les énergies renouvelables. Qui plus est, à chaque évolution du système énergétique, les anciennes sources de combustibles ont été *complétées* plutôt que complètement remplacées.

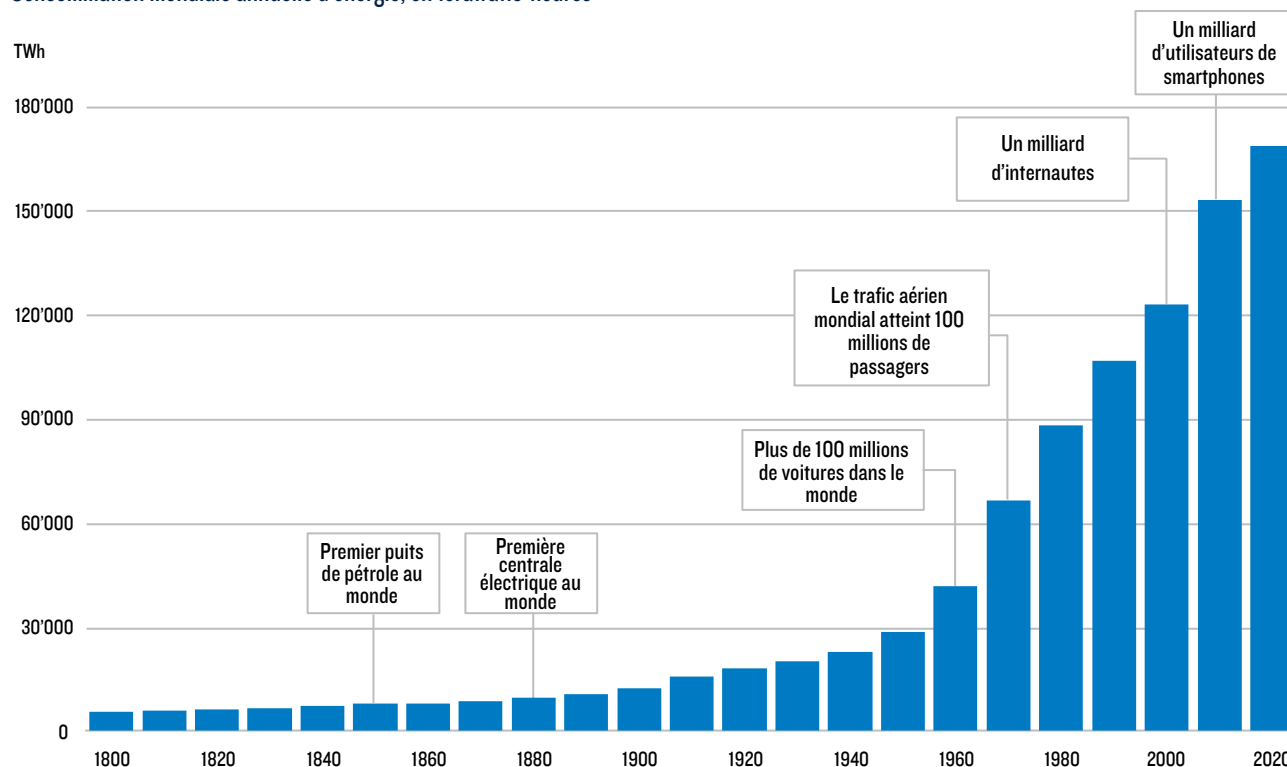
Pour ce qui est de l'approvisionnement, les sources d'énergie sont souvent divisées en deux groupes: (1) les combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel, qui émettent du carbone; et (2) les sources sans carbone telles que les énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique) et l'énergie nucléaire, qui génèrent de l'électricité sans émissions de carbone. Il est à noter que l'électricité en elle-même n'est

pas une source d'énergie, mais plutôt un intermédiaire essentiel qui achemine l'énergie produite à partir de ces sources (Illustration 2A). Ensemble, ces deux groupes comprennent toutes les sources d'énergie primaire.

La consommation, quant à elle, est souvent segmentée en quatre groupes: industrie, transport, résidentiel et commercial (Illustration 2B).

Illustration 1: La consommation d'énergie a décollé à la fin du 20^e siècle

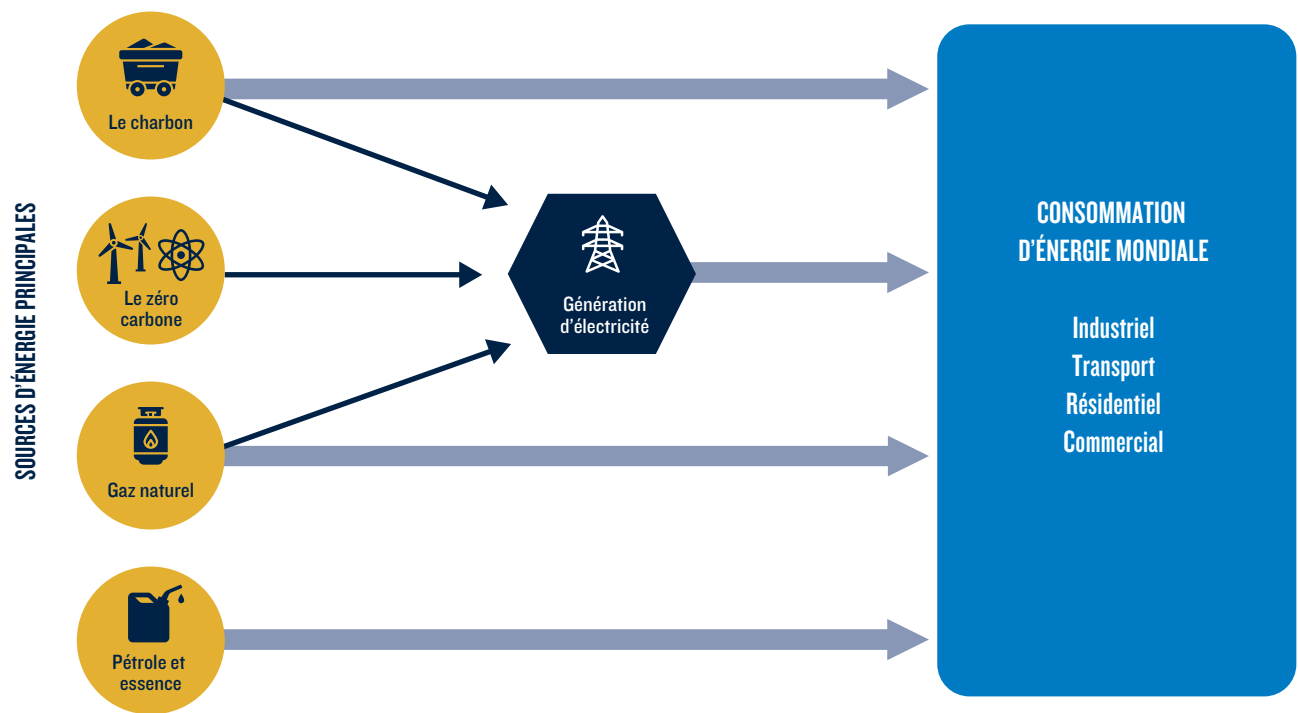
Consommation mondiale annuelle d'énergie, en térawatts-heures



Source: PGIM Thematic Research, Union internationale des télécommunications, US Bureau of Transportation Statistics et Association internationale du transport aérien. Mars 2024.

Le système énergétique d'aujourd'hui

Illustration 2A: Le système énergétique: un schéma simplifié



Remarque: Une petite partie du pétrole est utilisée pour la production d'électricité et certaines énergies renouvelables sont directement utilisées dans certains secteurs.
Source: Recherche thématique de PGIM.

Illustration 2B: Utilisation de l'énergie primaire par secteur
Utilisations de l'énergie primaire; quadrillions d'unités thermiques britanniques (2022)

	Industriel	Transport	Résidentiel	Commercial	Total	Partage
Pétrole	65	110	11	5	190	30%
Gaz naturel	89	5	38	20	153	24%
Le charbon	110	2	32	22	166	26%
Énergies renouvelables	60	2	23	16	101	16%
Le nucléaire	13	1	8	6	28	4%
Total	336	120	113	69	638	
Partage	53%	19%	18%	11%		

Remarque: Les chiffres sont arrondis à des chiffres entiers. L'énergie primaire par secteur comprend la quantité utilisée pour la production d'électricité, mais ne tient pas compte des différents taux d'efficacité des sources d'énergie primaire, ce qui conduit à un écart par rapport au calcul habituel de l'énergie consommée présenté dans l'illustration 5. Pour une ventilation détaillée de la production d'électricité, voir l'Annexe A.7.
Source: Administration américaine d'information sur l'énergie. Avril 2024.

Notre système énergétique se trouve aujourd'hui à un tournant décisif: il s'agit d'abandonner les combustibles fossiles autant que possible, de promouvoir l'électrification et d'ajouter les énergies renouvelables au mix énergétique. Il faudra sans doute des décennies pour que ce nouveau paysage énergétique prenne toute sa dimension, mais trois thèmes fondamentaux seront déterminants.

Les questions de sécurité énergétique seront un facteur déterminant du rythme de la transition énergétique.

1. Dans un contexte de tensions géopolitiques croissantes, la sécurité énergétique représente la sécurité nationale.

L'énergie est à l'origine de tensions géopolitiques et de guerres depuis des siècles, et l'on ne saurait trop insister sur la nécessité de garantir un approvisionnement sûr et fiable. Une énergie fiable n'est pas seulement essentielle pour le développement économique, elle est considérée par

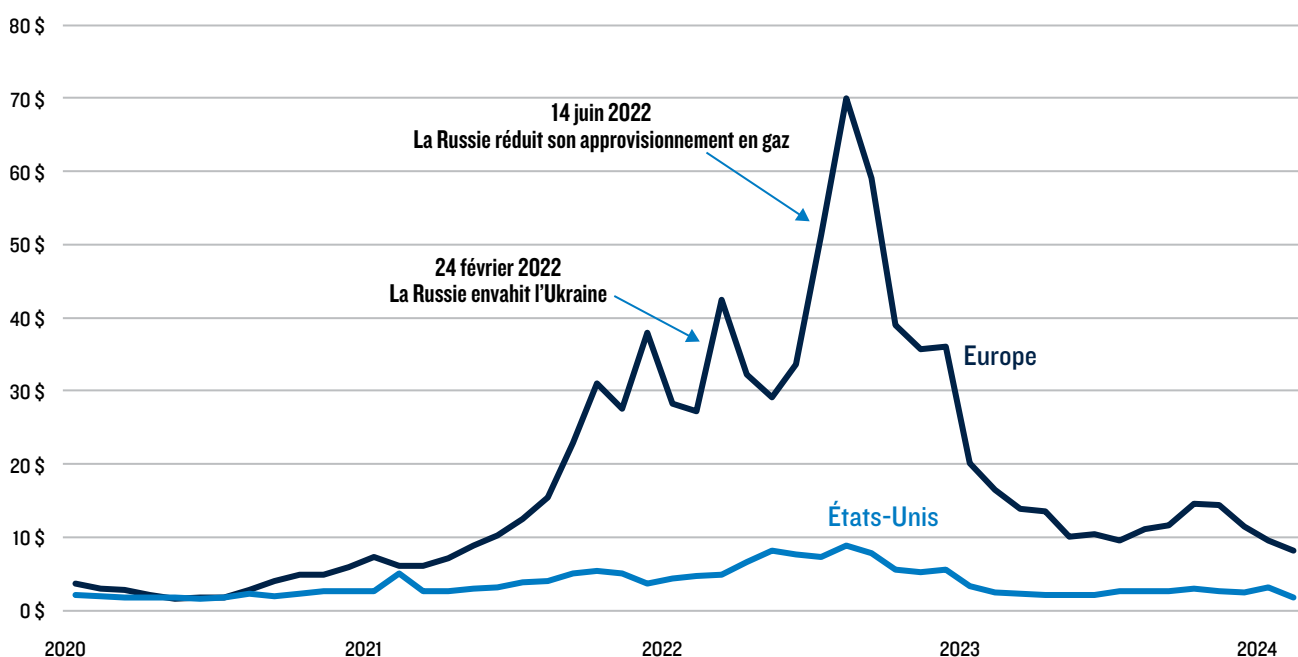
la plupart des pays comme un aspect essentiel de la sécurité nationale. Voilà pourquoi des gouvernements comme ceux du Japon, de la Chine, de l'Allemagne, des États-Unis et de l'Inde conservent des réserves stratégiques de pétrole ou de gaz naturel.³

De fait, lorsqu'ils sont confrontés à des pénuries d'approvisionnement et à la perspective brutale d'un rationnement de l'énergie, même les pays raisonnablement avancés dans la transition vers des sources d'énergie sans carbone font passer leur besoin de répondre à la demande d'énergie courante avant les objectifs de décarbonation à long terme. À titre d'exemple, l'approvisionnement en gaz étant menacé par l'invasion de l'Ukraine par la Russie, l'Allemagne est revenue à des sources fortement émettrices de carbone, telles que les centrales électriques au charbon, pour assurer un accès à une source d'énergie fiable.⁴

En ce qui concerne la sécurité énergétique, il est important de noter que chaque pays se trouve dans un contexte unique. D'un côté, les pays disposant de vastes réserves de pétrole ou de gaz naturel (et, dans une certaine mesure, de charbon) ont un accès stable à l'énergie et font généralement des sources d'énergie nationales la base de leur stratégie énergétique nationale. Les questions de sécurité énergétique, de par leur prépondérance, seront un facteur déterminant dans le rythme de la transition énergétique vers l'abandon des combustibles fossiles. Cela signifie généralement que

Illustration 3: Les importateurs de gaz naturel sont confrontés à une plus grande volatilité des prix

Prix du gaz naturel par million d'unités thermiques britanniques



Remarque: La réduction de l'approvisionnement en gaz fait référence à la première fermeture du gazoduc Nordstream reliant la Russie à l'Allemagne.
Source: World Bank. Avril 2024.

les pays où les combustibles fossiles sont relativement abondants tels que la Chine, les États-Unis, l'Inde et le Moyen-Orient auront probablement une transition plus longue vers les énergies renouvelables (voir l'annexe A.1).⁵

De l'autre côté, les pays qui ne sont pas naturellement dotés d'importantes réserves de pétrole ou de gaz naturel ont deux alternatives. La première option consiste à importer des combustibles fossiles. Un vaste réseau mondial d'infrastructures de stockage et de transport des combustibles fossiles (*par ex.*, oléoducs, terminaux de transport et installations de stockage) construit au fil des décennies fait de cette option un choix viable. En revanche, les pays qui dépendent fortement de l'importation de combustibles fossiles sont davantage exposés aux risques géopolitiques et aux risques de prix. Ces risques ont été mis en évidence lorsque l'incertitude s'est installée autour de l'approvisionnement de l'Europe en gaz naturel russe depuis l'été 2021. L'Allemagne, l'Italie et d'autres pays se sont retrouvés à la merci de la flambée des prix du gaz naturel en Europe six mois avant l'invasion de l'Ukraine au début de l'année 2022 (Illustration 3).

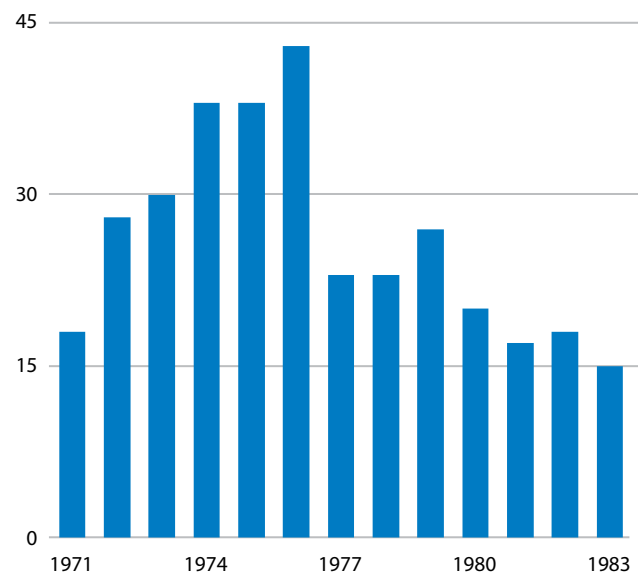
Les pays qui ne disposent pas de réserves naturelles de pétrole ou de gaz ont deux possibilités: ils peuvent importer des combustibles fossiles ou chercher d'autres sources d'énergie.

La deuxième option pour les pays qui ne disposent pas de réserves suffisantes de combustibles fossiles consiste à rechercher d'autres sources d'énergie nationales. Cela a été un facteur important d'investissement dans la production d'énergie nucléaire: Les chocs pétroliers et le rationnement des années 1970 ont incité les gouvernements à construire des centrales nucléaires en France, en Suède et en Corée du Sud afin de renforcer leur indépendance énergétique (Illustration 4).⁶ L'énergie nucléaire fournit encore aujourd'hui une quantité importante de l'énergie de beaucoup de ces pays (voir l'annexe A.2).

Si la production d'énergie renouvelable élimine toute vulnérabilité liée à l'importation de combustibles fossiles, elle soulève également de nouvelles questions de sécurité concernant les chaînes d'approvisionnement en composants essentiels. La Chine, par exemple, domine les chaînes d'approvisionnement en piles au lithium, contrôlant plus des

Illustration 4: L'énergie nucléaire a connu une période record après le choc pétrolier des années 1970

Début de la construction de réacteurs nucléaires entre 1971 et 1983



Remarque: De 1984 à 2022, il n'y a eu que cinq occasions avec plus de dix mises en chantier.

Source: Association nucléaire mondiale, Mars 2024.

deux tiers de la capacité de traitement mondiale.⁷ La Chine représente par ailleurs 80 % de la production mondiale de panneaux solaires et a acquis des avantages considérables en termes de technologie, d'efficacité et de coûts par rapport à ses concurrents d'autres pays.⁸

Pour pallier ces vulnérabilités dans les chaînes d'approvisionnement renouvelables, les pays prennent des mesures pour garantir un approvisionnement diversifié en métaux et composants manufacturés essentiels. L'Australie, par exemple, qui fournit environ la moitié du lithium brut mondial, développe ses capacités de traitement et d'exportation de minéraux prêts à être utilisés dans les batteries.⁹ D'autres pays, comme l'Inde et les États-Unis, utilisent des subventions ou des droits de douane pour soutenir les chaînes d'approvisionnement nationales et les capacités de production de panneaux solaires afin de réduire leur dépendance à l'égard des importations.^{10, 11}

2. Notre dépendance aux combustibles fossiles se poursuivra pendant des décennies, même dans le contexte de la transition énergétique

Notre économie mondiale a évolué au fil des décennies

avec les combustibles fossiles comme principale source d'énergie. Ils constituent actuellement 80% de l'énergie mondiale et devraient rester une composante importante de l'approvisionnement énergétique mondial pendant des décennies (Illustration 5).

De multiples raisons économiques et politiques expliquent l'importance persistante des combustibles fossiles, mais trois facteurs sont souvent sous-estimés dans les discussions sur le rythme de la transition énergétique. En premier lieu, il existe de nombreuses utilisations industrielles spécifiques pour lesquelles les énergies renouvelables peuvent ne pas constituer un substitut à part entière aux combustibles fossiles. Ensuite, le réseau mondial des infrastructures élaborées pour les combustibles fossiles offre un énorme avantage aux opérateurs historiques par rapport aux sources d'énergie renouvelable. Enfin, les problèmes liés à l'octroi d'autorisations et le «NIMBYisme» entraînent un manque de capitaux pour les infrastructures renouvelables essentielles.

Les combustibles fossiles alimentent directement l'industrie et les transports

Le stock actuel de biens d'équipement dépend fortement des combustibles fossiles. Ainsi, les deux plus gros consommateurs d'énergie que sont les transports et l'industrie représentent 72% de l'ensemble de la consommation d'énergie. Cette consommation est particulièrement caractérisée par l'utilisation directe de combustibles fossiles.

Transport

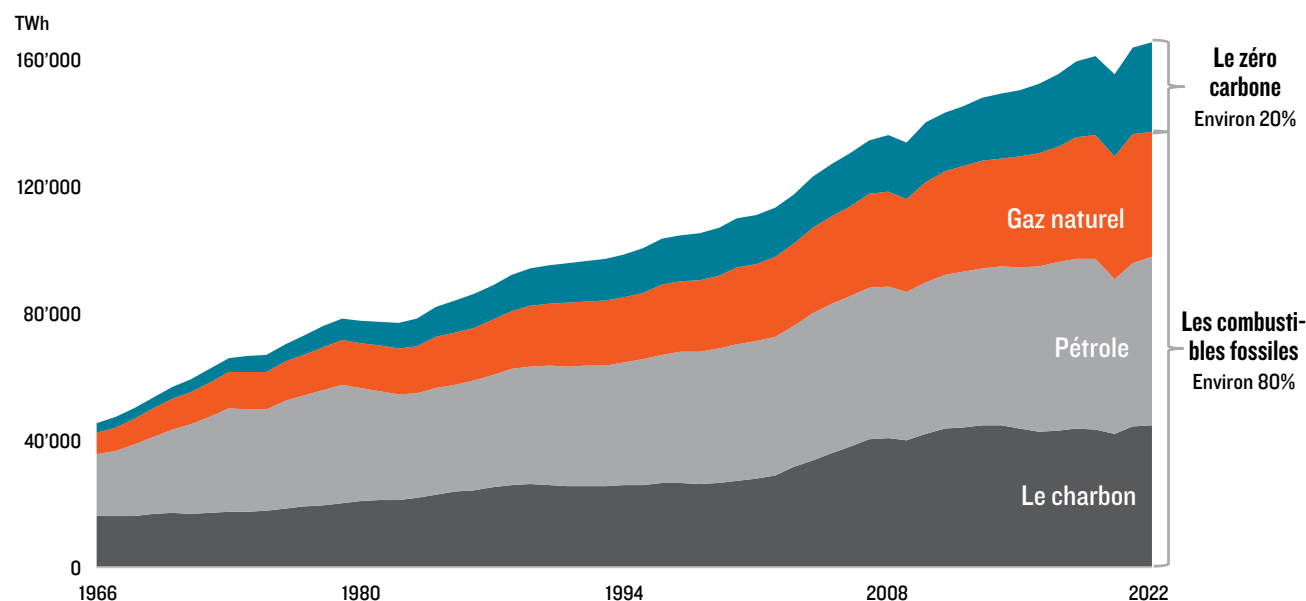
Dans le secteur des transports, l'essence, le diesel ou d'autres carburants à base de pétrole sont versés directement dans les réservoirs des automobiles, des camions, des avions, des bateaux et des motos du monde entier. En fait, les combustibles fossiles fournissent 98% de l'énergie utilisée pour les transports dans le monde.

Le stock actuel de biens d'équipement dépend fortement des combustibles fossiles. Ainsi, les deux plus gros consommateurs d'énergie que sont l'industrie et les transports représentent 72% de l'ensemble de la consommation d'énergie.

Même dans les segments du transport où l'électrification est déjà en cours comme les automobiles, celle-ci est extrêmement lente. Il y a aujourd'hui 1,3 milliard d'automobiles à moteur à combustion interne (MCI) sur les routes. Même les prévisions les plus optimistes en matière de progression des véhicules électriques (VE) indiquent qu'il restera bien plus d'un milliard de véhicules à moteur à combustion interne d'ici 2050, soit environ le double du nombre de VE (Illustration 6).¹² Ces prévisions risquent

Illustration 5: Les combustibles fossiles alimentent le monde d'aujourd'hui

Consommation d'énergie par source primaire, en térawatts-heures



Remarque: La notion de «zéro carbone» englobe l'énergie solaire, l'énergie éolienne, les biocarburants, l'énergie hydraulique et l'énergie nucléaire.

Source: Administration américaine de l'information sur l'énergie, Global Energy Outlook 2023. Mars 2024.

cependant d'être de moins en moins réalistes, car les grands constructeurs automobiles tels que Toyota, Ford et Volkswagen revoient à la baisse leurs prévisions à long terme concernant la demande de VE.^{13, 14, 15}

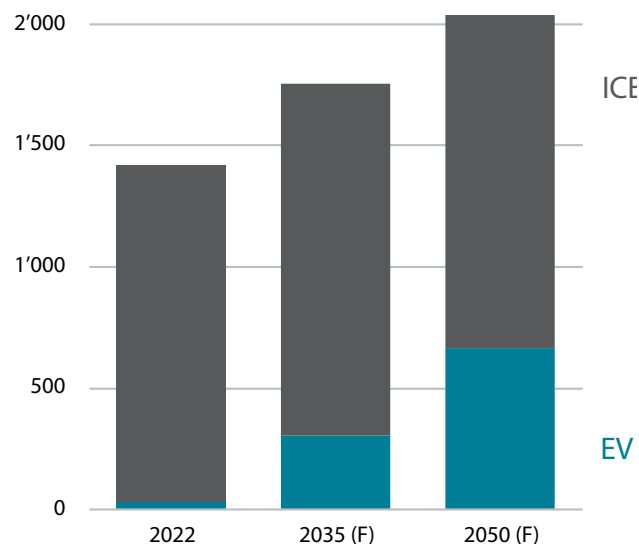
Les combustibles fossiles présentent en effet plusieurs caractéristiques qui les rendent particulièrement difficiles à remplacer dans le secteur des transports. Un attribut particulièrement difficile à reproduire est leur densité énergétique, qui est essentielle pour la mobilité et le transport. En d'autres termes, par kilogramme, le gaz naturel, le charbon, l'essence et même le bois fournissent beaucoup plus d'énergie que l'électricité stockée dans une batterie au lithium-ion (Illustration 7). Le manque de densité énergétique limite l'utilisation des batteries pour le transport, car, à l'échelle, le poids des batteries elles-mêmes devient un facteur. Ainsi, la technologie actuelle des batteries est souvent suffisante pour alimenter les motos, les automobiles et les bus, mais elle est trop lourde pour les voyages long-courriers effectués par des avions commerciaux, des cargos, des camions ou des trains de marchandises.

Industriel

L'utilisation directe de combustibles fossiles est omniprésente et souvent sans substitut viable dans le secteur industriel également. Le rôle du charbon métallurgique

Illustration 6: L'adoption des véhicules électriques au niveau mondial progresse lentement

Total des véhicules électriques et à moteur à combustion interne, en millions

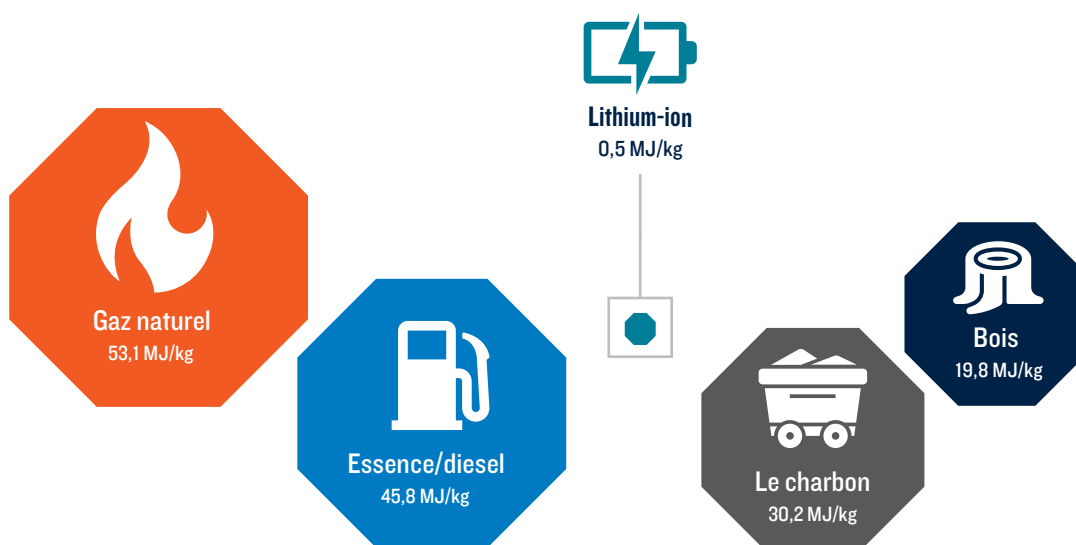


Remarque: (F) indique la prévision.

Source: Administration américaine de l'information sur l'énergie, International Energy Outlook 2023.

Illustration 7: Les batteries actuelles ne peuvent pas rivaliser avec les combustibles fossiles en termes de densité énergétique

Densité énergétique en mégajoules par kilogramme



Source: Adapté de Brookings, «Why are fossil fuels so hard to quit?» (Pourquoi les combustibles fossiles sont-ils si difficiles à abandonner?) Mars 2024.

dans la fabrication de l'acier illustre bien la difficulté de remplacer certaines caractéristiques des combustibles fossiles. La combustion du charbon fournit non seulement la chaleur intense nécessaire pour faire fondre le minerai de fer, mais le carbone libéré sépare également très efficacement le fer pur du minerai de fer oxydé en se combinant chimiquement avec l'oxygène.¹⁶ Cette réaction chimique qui purifie le minerai de fer est essentielle à la fabrication d'un nouvel acier. Les fours à arc électrique offrent une alternative, souvent plus coûteuse, au recyclage de l'acier. Cependant, ils sont rarement utilisés pour fabriquer du fer neuf.

Le manque de capacité des réseaux électriques pour soutenir l'électrification devient une contrainte matérielle pour la transition énergétique mondiale.

Le réseau mondial d'infrastructures de transport et de stockage des combustibles fossiles ne sera pas dupliqué de sitôt.

Un autre avantage des combustibles fossiles est l'infrastructure élaborée, notamment en matière de stockage et de transport, qui a été mise en place au fil du temps. Avec plus de 500'000 stations-service dans le monde, l'essence est accessible presque partout dans le monde, même là où elle n'est pas produite localement. La simple répartition géographique des stations-service témoigne de l'étendue du réseau de production, de raffinage, de transport et de stockage de l'essence. En comparaison, l'électricité est plus difficile à stocker et à transporter que le pétrole ou l'essence. Le stockage de l'électricité sur une longue durée souffre d'un manque d'échelle, d'efficacité et de mobilité, et la mise en place d'un vaste réseau d'infrastructures pour le stockage, la distribution et le transport de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable est une perspective lointaine.¹⁷

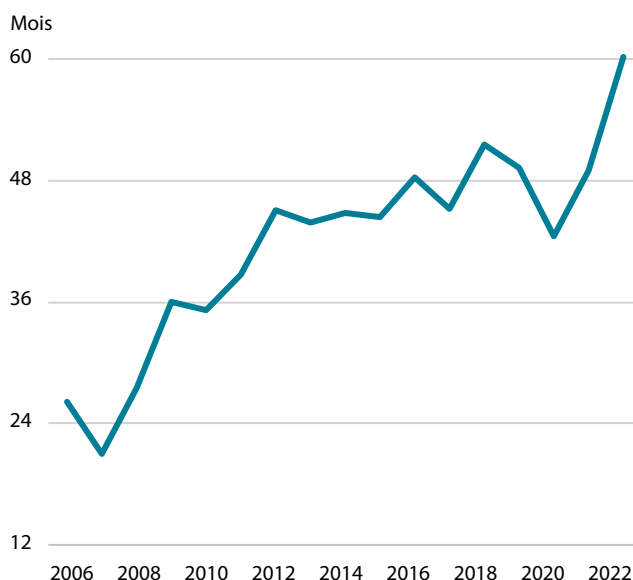
Les défis réglementaires et politiques contribuent au manque de capitaux pour les infrastructures renouvelables

Les estimations concernant les infrastructures énergétiques supplémentaires nécessaires pour les énergies renouvelables sont colossales, atteignant couramment des centaines de milliers de milliards de dollars. En 2023, 1'800 milliards de dollars ont été investis dans les infrastructures renouvelables mondiales. Ce rythme annuel devrait plus que doubler au cours des 25 prochaines années pour atteindre les objectifs mondiaux de zéro émission nette d'ici 2050.¹⁸

Le manque de capacité des réseaux électriques pour soutenir l'électrification, par exemple, devient une contrainte matérielle pour la transition énergétique mondiale.¹⁹ Les retards dans la connexion des projets de nouvelle génération au réseau électrique américain augmentent et atteignent aujourd'hui une moyenne d'environ cinq ans, soit plus du double du temps d'attente en 2007 (Illustration 8). Il ne s'agit pas non plus d'un phénomène purement américain. Des dizaines de milliards de dollars de projets d'énergie renouvelable en Asie, en Europe et en Amérique sont annulés ou retardés en raison du manque de nouvelles capacités dans les réseaux existants.^{20, 21, 22}

Illustration 8: Faites la queue: les délais de raccordement au réseau s'allongent

Temps moyen entre la demande de connexion au réseau et l'exploitation, États-Unis



Source: Laboratoire national Lawrence Berkeley, Mars 2024.

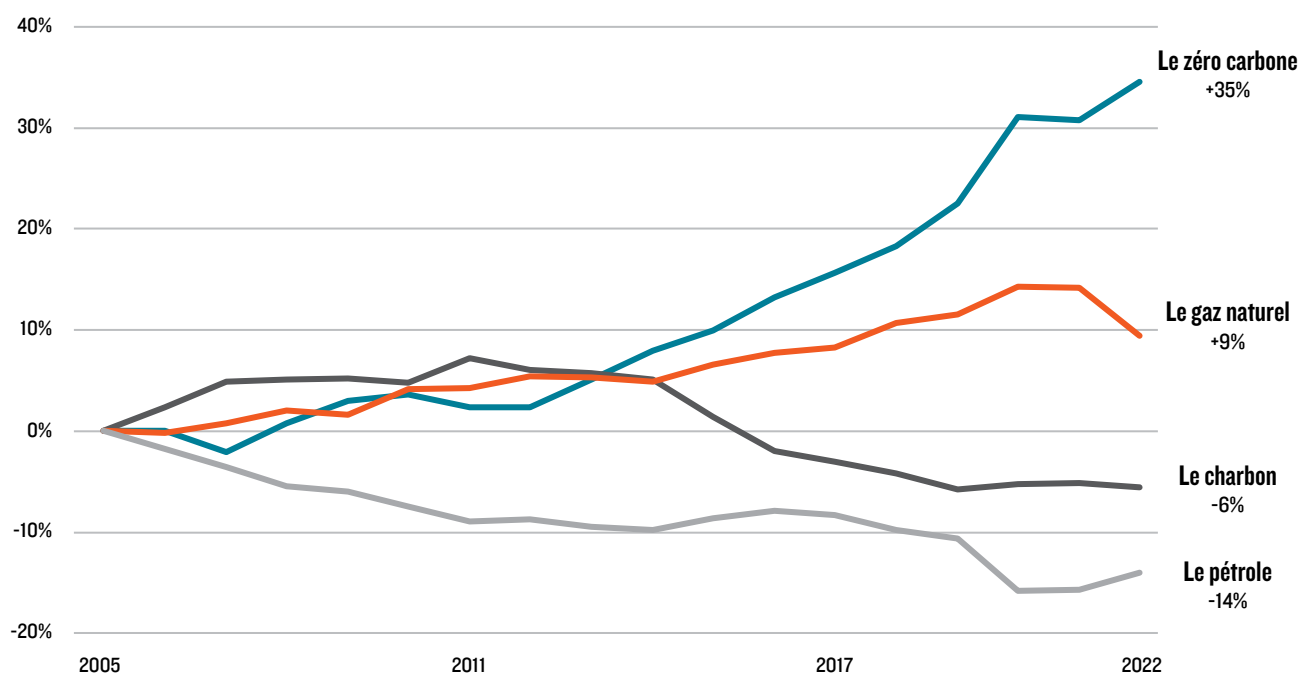
En effet, la transmission est cruciale pour la production d'énergie renouvelable, car les parcs éoliens et solaires optimaux sont généralement situés dans des endroits éloignés des centres de population. En Europe et aux États-Unis, la phase de planification et d'autorisation des lignes de transmission peut régulièrement durer six ans ou plus, souvent deux fois plus longtemps que le temps nécessaire à la construction des lignes de transmission.²³ Dans la plupart des pays, les autorisations sont souvent très décentralisées et fragmentées. Les communautés locales s'y opposent, car peu d'entre elles accueillent favorablement les éoliennes ou les lignes de transmission à haute tension dans leur voisinage. Ce «NIMBYisme» suscite des incertitudes quant à la viabilité de ces projets et a un effet dissuasif sur les investissements privés dans ce domaine.

3. Une transition majeure est en cours, au cœur de laquelle se trouve l'électrification.

Malgré les avantages considérables des combustibles fossiles, le système énergétique mondial se trouve à un tournant décisif. Les transitions énergétiques précédentes, du bois au charbon au 18^e siècle et du charbon au pétrole au début du 20^e siècle, se sont déroulées lentement, souvent sur un siècle ou plus.²⁴ Une transition majeure est en cours depuis deux décennies, des combustibles fossiles vers des sources à plus faible teneur en carbone, sous l'impulsion des préoccupations liées au changement climatique, des subventions et réglementations gouvernementales, des innovations technologiques et de la baisse des coûts de production des énergies renouvelables (Illustration 9).

Illustration 9: La transition énergétique actuelle a commencé il y a deux décennies

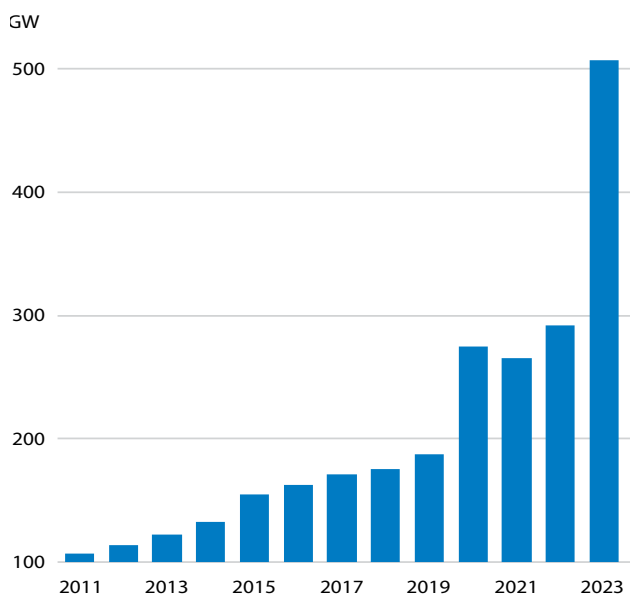
Augmentation de la part des sources primaires dans la consommation mondiale d'énergie



Source: Institut de l'énergie, Revue statistique 2023. Mars 2024.

Illustration 10: Les énergies renouvelables montent en flèche

Nouvelle production d'électricité renouvelable dans le monde, en gigawatts



Source: Agence internationale de l'énergie et Agence internationale pour les énergies renouvelables. Mars 2024.

L'électrification est un élément essentiel de cette transition vers la décarbonation, et ce pour deux raisons. Tout d'abord, elle réduit l'utilisation directe de combustibles fossiles, comme dans les automobiles et les motos. Ensuite, l'électricité est la seule forme d'énergie qui peut être produite à un prix abordable sans émissions de carbone significatives, de toute évidence par la production solaire, éolienne, hydroélectrique ou nucléaire.²⁵ Les énergies renouvelables deviennent progressivement le premier choix pour les *nouvelles* capacités de production d'électricité sur les grands marchés de l'énergie comme la Chine, les États-Unis, l'Inde, l'Union européenne et le Brésil. En 2023, le monde a augmenté sa capacité en énergies renouvelables de 50%, et les cinq prochaines années devraient connaître un rythme de croissance au moins équivalent. À ce rythme, le monde pourrait plus que doubler sa capacité en matière d'énergies renouvelables d'ici 2030 (Illustration 10).²⁶

Les compromis entre les sources d'énergie, bien que souvent négligés, sont une caractéristique essentielle de la transition énergétique et constituent l'objet du chapitre 2.

CHAPITRE 2

PERSONNE N'EST PARFAIT: LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES SOURCES D'ÉLECTRICITÉ

—

“

Aujourd'hui, l'électricité représente 20% de la consommation totale d'énergie. Selon certains scénarios d'électrification, cette part pourrait atteindre 50% d'ici 2050.”

02

CHAPITRE 2

PERSONNE N'EST PARFAIT: LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES SOURCES D'ÉLECTRICITÉ

Aujourd'hui, l'électricité représente 20% de la consommation totale d'énergie. Selon certains scénarios d'électrification, cette part pourrait atteindre 50% d'ici 2050.²⁷ L'adoption de la technologie numérique, qu'il s'agisse des téléphones mobiles, de l'informatique en nuage, de l'intelligence artificielle ou du minage de cryptomonnaie, ne fera qu'accélérer l'immense croissance de la demande mondiale d'électricité. Ce chapitre étudie les compromis entre les différentes sources d'électricité et expose certains des choix politiques et sociétaux fondamentaux relatifs à l'électrification - un levier de décarbonation essentiel dans le cadre de la transition vers un système énergétique à plus faible teneur en carbone.

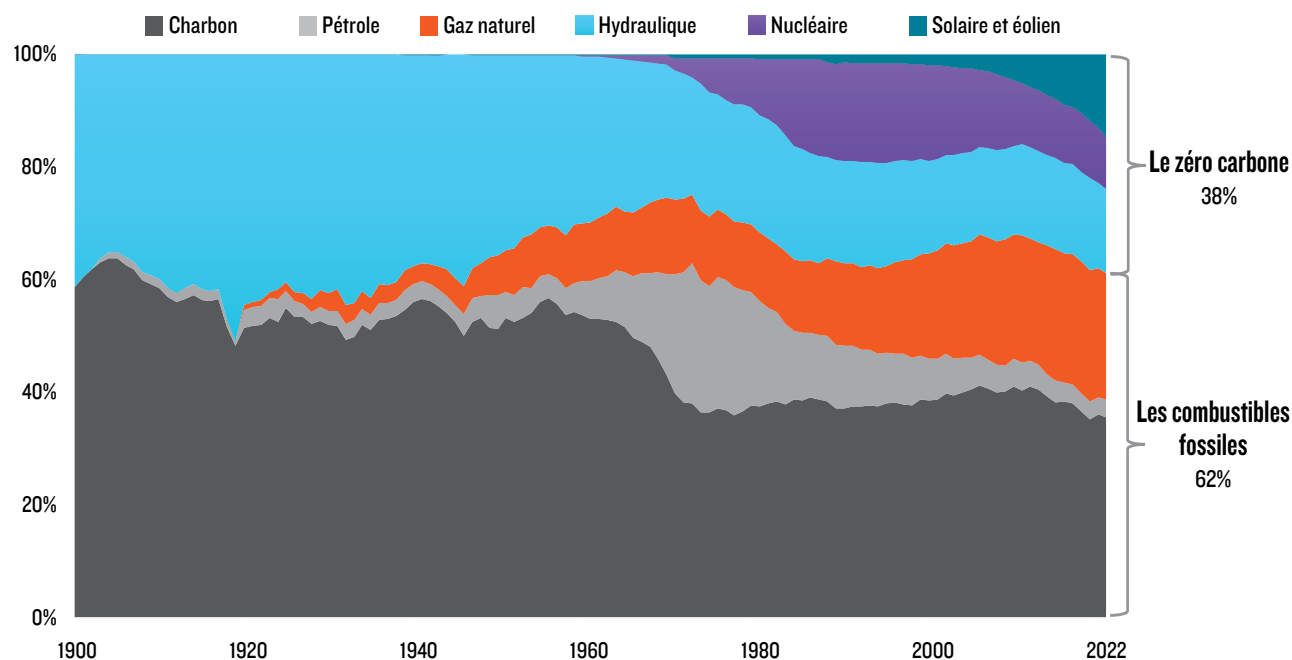
Compte tenu des investissements massifs consentis par les gouvernements et le secteur privé dans la production d'énergie renouvelable au niveau mondial, il est frappant de constater que plus de 60% de l'électricité est *encore* produite à partir de combustibles fossiles (Illustration 11).

Bien entendu, ce chiffre global masque les écarts considérables entre les pays. Par exemple, l'Inde produit près de 75% de son électricité à partir de combustibles fossiles, alors que moins de 5% de l'électricité norvégienne provient

de ces combustibles²⁸ (Illustration 12). Un pays se distingue aux deux extrémités de la transition énergétique. La Chine n'est pas seulement l'un des plus grands consommateurs de combustibles fossiles, puisqu'elle utilise chaque année suffisamment de charbon pour alimenter l'ensemble des États-Unis, mais elle est également un leader dans la transition vers les énergies renouvelables. En 2023, la Chine a ajouté plus de capacités solaires et éoliennes que le reste du monde réuni (voir l'annexe A.3-6).

Illustration 11: La production d'électricité dépend toujours des combustibles fossiles

Part des sources d'énergie mondiales dans la production d'électricité



Source: Recherche thématique de PGIM, Ember et Pinto, et al; 2023. Mars 2024.



Alimenter le changement: Le rôle croissant de l'IA dans le système énergétique

Malgré le battage médiatique, un aspect crucial de l'IA est encore souvent sous-estimé: l'augmentation exponentielle de la demande de capacité de calcul pour la formation de grands modèles de langage. Cela aura de profondes implications pour les centres de données et pourrait être l'un des aspects les plus négligés de la transition énergétique.

Les centres de données consomment aujourd'hui environ 2% de l'électricité mondiale, soit plus que la France,^{29 30} et cette consommation devrait plus que doubler d'ici 2026, pour atteindre l'équivalent de la consommation d'électricité du Japon.³¹ Et si l'on combine les besoins énergétiques liés à la formation de grands modèles de langage avec l'informatique en cloud et le minage de bitcoins, les centres de données pourraient, selon certaines estimations, consommer plus de 20% de l'électricité mondiale d'ici 2030.^{32, 33}

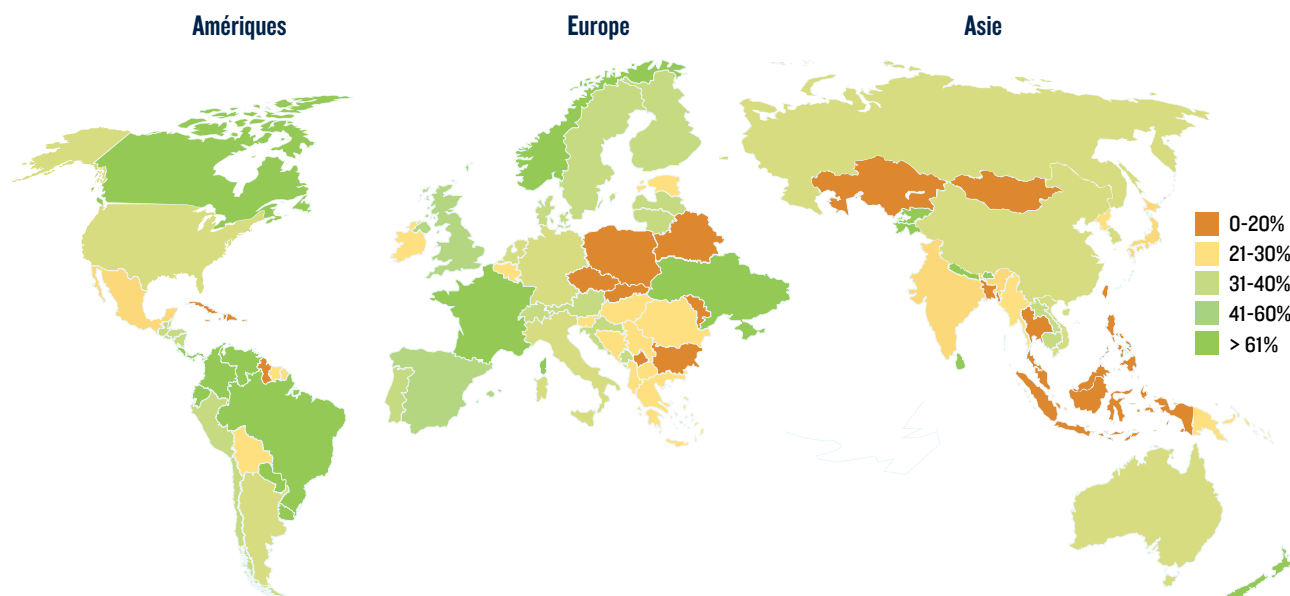
Les centres de données sont en particulier à l'origine d'une nouvelle demande dans les pays développés où la croissance de l'électricité a été faible.³⁴ La demande d'électricité des centres de données en Irlande, par exemple, devrait doubler d'ici 2026 et représenter environ un tiers de l'ensemble de la demande d'électricité d'ici là. L'augmentation spectaculaire des besoins en électricité des centres de données est l'une des principales raisons du quasi-doublement des prévisions de croissance de la demande américaine au cours des cinq prochaines années.³⁵

L'énergie nécessaire à l'alimentation et au refroidissement des serveurs, qui représente le coût d'exploitation le plus important pour les centres de données, est déjà une contrainte pour les nouvelles constructions et les extensions.³⁶ Pour les opérateurs de centres de données, cela signifie qu'ils doivent non seulement réfléchir à la manière d'adapter leurs modèles commerciaux à l'augmentation de l'intensité de calcul et de la demande d'entraînement des réseaux neuronaux profonds, mais aussi à l'emplacement des nouvelles installations et à la manière de s'approvisionner en énergie abondante et bon marché.

Les opérateurs de centres de données répondent à ce défi de différentes manières. Certains s'associent activement à des fournisseurs d'énergie sans carbone pour intégrer une source d'énergie dédiée dans leurs centres de données. L'énergie hydrogène fait partie de la solution depuis plusieurs années, et le premier centre de données modulaire hors réseau entièrement alimenté par l'hydrogène a récemment ouvert ses portes aux États-Unis^{37, 38} et les plus grands opérateurs de centres de données au monde concluent des partenariats ou des coentreprises avec des fournisseurs d'énergie renouvelable.³⁹ Amazon, par exemple, a investi dans un campus de centres de données à grande échelle en Pennsylvanie, à proximité d'un réacteur nucléaire.⁴⁰ D'autres opérateurs de centres de données ont également envisagé l'utilisation de petits réacteurs modulaires.⁴¹

Illustration 12: Le rôle du zéro carbone dans la production d'électricité varie considérablement d'un pays à l'autre

Part de l'énergie nucléaire, des énergies renouvelables et de l'hydroélectricité dans la production totale d'électricité



Source: Agence internationale de l'énergie et Institut de l'énergie. Mars 2024.

Personne n'est parfait: Compromis entre les différentes sources d'électricité

Un système énergétique optimal ne se contenterait pas d'assurer un accès sûr aux sources primaires et aux composants clés, mais fournirait également de l'électricité à bon marché au moment où elle est le plus nécessaire et sans nuire à l'environnement. Ce que l'on ignore souvent, c'est qu'*aucune source d'électricité n'est optimale sur ces trois fronts*. En d'autres termes, les combustibles fossiles et les sources d'énergie sans carbone présentent des compromis différents.

1. La dispatchabilité

La capacité de mobilisation ou «dispatchabilité» est un jargon technique qui désigne la capacité à produire de l'électricité quand on en a besoin, c'est-à-dire la facilité avec laquelle la production d'électricité peut être augmentée ou réduite pour répondre aux variations de la demande. L'électricité est généralement gérée en fonction de la charge de base, c'est-à-dire du niveau minimal de demande d'électricité à tout moment de la journée. Dans les périodes où la demande augmente au-delà de la charge de base, les sources d'énergie complémentaires peuvent être activées en fonction des besoins pour répondre à la demande croissante d'électricité, puis coupées lorsque la demande diminue au cours de la nuit.^{42 43} La charge de base est généralement fournie par des centrales (comme le nucléaire

ou le charbon) dont le coût marginal est faible, mais dont la capacité d'ajustement de la production est limitée, tandis que les centrales complémentaires (souvent des turbines à gaz naturel ou parfois de l'hydroélectricité) ont un coût marginal de production plus élevé, mais elles peuvent être réparties, c'est-à-dire que leur production peut facilement être augmentée ou réduite pour répondre aux fluctuations journalières de la demande.⁴⁴

En revanche, la plupart des énergies renouvelables, en particulier le solaire et l'éolien, sont intermittentes. Cela signifie que leur production n'est pas facile à ajuster et qu'elle varie considérablement au cours d'une journée type. Plus il y a d'énergie renouvelable sur le réseau, plus les fluctuations entre la production minimale et maximale d'électricité sont importantes au cours d'une journée. Cela a créé un nouvel ensemble de besoins et de défis en matière d'infrastructures, car les déséquilibres entre l'offre et la demande au cours d'une journée doivent être gérés activement par les opérateurs de réseaux.⁴⁵

Le réseau électrique actuel et l'infrastructure de transmission dépendent fortement des sources d'énergie distribuables pour répondre à ces fluctuations quotidiennes de la demande. C'est pourquoi le simple fait de remplacer les sources d'énergie fossiles de base et complémentaires par des énergies renouvelables plus intermittentes peut entraîner des difficultés considérables en aval.

Il est possible de gérer les réseaux avec des sources d'énergie intermittentes, mais la production d'énergie renouvelable doit être associée à des infrastructures complémentaires. La capacité de stockage de l'énergie à l'échelle de la collectivité,

par exemple, pourrait être utilisée pour répondre aux fluctuations quotidiennes de la demande. En l'absence d'une capacité de stockage suffisante, il est nécessaire de disposer de sources d'énergie facilement répartissables (comme certaines centrales hydroélectriques ou le gaz naturel) ou de lignes de transport à longue distance qui peuvent aider à équilibrer l'énergie entre plusieurs réseaux.

2. L'abordabilité

Plus de 2 milliards de personnes dans le monde, soit un peu moins d'un tiers de la population mondiale, n'ont pas accès à une énergie propre et abordable et cuisinent encore leurs aliments sur des feux en plein air ou sur des fourneaux rudimentaires brûlant du bois, du charbon de bois ou d'autres types de biomasse.⁴⁶ Et peu d'événements peuvent déclencher une réaction politique universelle comme la hausse des prix de l'énergie et de l'électricité. La hausse des prix de l'énergie en 2022 a provoqué des crises du coût de la vie et des protestations politiques dans le monde entier, qu'il s'agisse de marchés émergents comme le Pakistan et l'Équateur ou de marchés développés comme le Royaume-Uni et la France.^{47 48} Par conséquent, les gouvernements et les hommes politiques ne sont guère incités à faire des compromis sur l'accessibilité de l'énergie.

L'énergie solaire et l'énergie éolienne comptent parmi les sources d'électricité les plus rentables.

Ces dix dernières années, le soutien des pouvoirs publics à l'énergie éolienne et solaire a attiré des capitaux privés qui, à leur tour, ont permis et accéléré les progrès technologiques qui font aujourd'hui de l'énergie solaire et éolienne l'une des sources d'électricité les plus rentables. Plusieurs études ont montré qu'il serait moins coûteux de construire des panneaux solaires ou des éoliennes entièrement nouveaux et de les raccorder au réseau américain que de continuer à faire fonctionner les centrales au charbon existantes aux États-Unis.⁴⁹

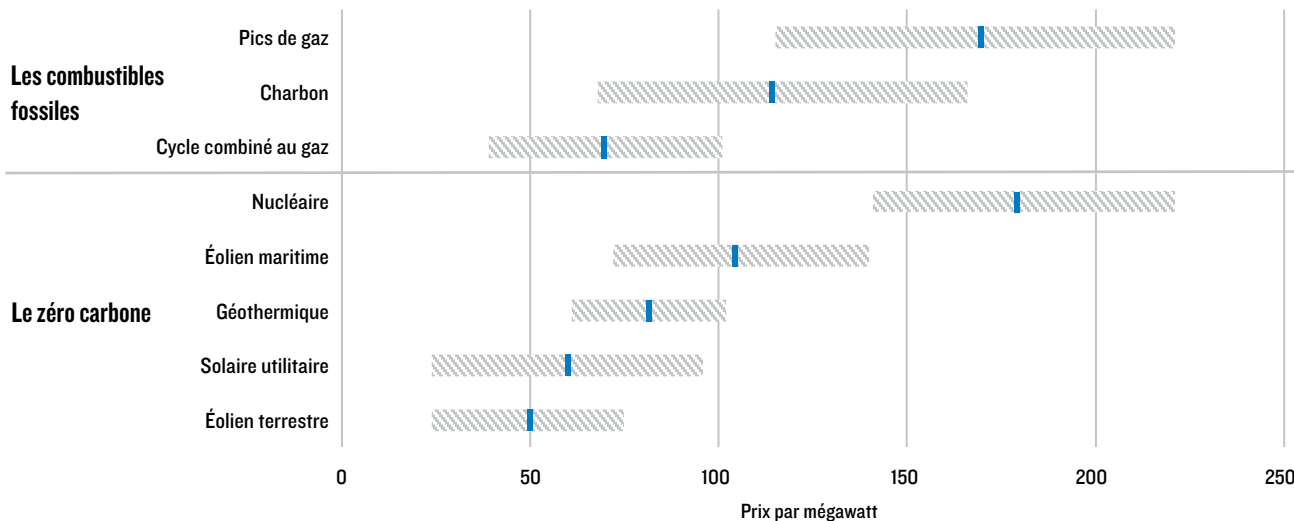
Les projets d'énergie renouvelable comme le solaire et l'éolien produisent aujourd'hui de l'électricité à un coût d'énergie nivelé (LCOE) relativement bas, c'est-à-dire le coût total de la production d'électricité sur la durée de vie de l'actif, et présentent la caractéristique supplémentaire d'un coût marginal de production nul (Illustration 13).

3. Les émissions de carbone

2023 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée, tant sur terre que dans les océans, et le dernier exemple en date d'une augmentation persistante des températures mondiales⁵⁰.

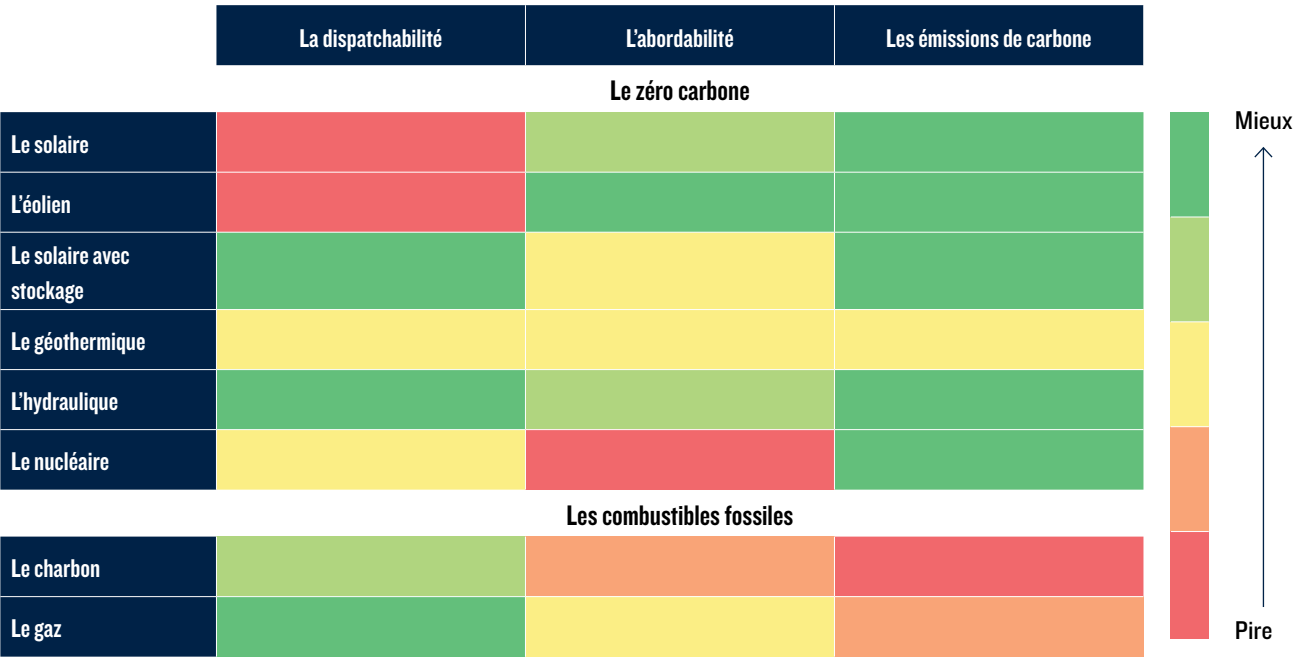
⁵¹Les gaz à effet de serre (GES, comme le dioxyde de carbone et le méthane) présents dans l'atmosphère sont l'un des principaux facteurs contribuant au réchauffement des températures.⁵² Ce réchauffement climatique persistant provoque la fonte des calottes glaciaires, l'élévation du niveau des mers et l'augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, qu'il s'agisse de sécheresses et d'inondations ou de tempêtes et d'incendies de forêt plus intenses.⁵³

Illustration 13: Les énergies renouvelables sont devenues le moyen le plus rentable de produire de l'électricité
Coût de l'énergie non subventionné, prix par mégawatt (2023)



Remarque: Le LCOE a ses limites. Par exemple, il ne tient pas compte du coût supplémentaire du stockage de l'électricité pour les sources intermittentes afin d'atténuer les fluctuations de leur production. Mais même en ajoutant le coût de l'atténuation de l'intermittence, comme le coût du stockage de l'électricité ou la nécessité de compléter ces sources renouvelables par des centrales au gaz pouvant être réparties, les sources renouvelables restent rentables dans la plupart des cas, en particulier par rapport aux centrales nucléaires et au charbon.
Source: Recherche thématique de PGIM, Lazard et Agence internationale de l'énergie. Mars 2024.

Illustration 14: Toutes les sources d'électricité offrent des compromis différents



Remarque: Le caractère abordable est mesuré par le coût de l'énergie et les émissions de carbone par BTU.
Source: Recherche thématique de PGIM, Lazard, Agence internationale de l'énergie et Administration américaine d'information sur l'énergie. Mars 2024.

La production et la consommation d'énergie représentent environ 75% des émissions mondiales de gaz à effet de serre.⁵⁴ La quasi-totalité de ces émissions provient de la combustion de combustibles fossiles. Les sources d'énergie renouvelable, en revanche, une fois fabriquées et mises en place, peuvent produire de l'électricité sans émissions de gaz à effet de serre supplémentaires.

Un système énergétique à faible teneur en carbone, qui utilise davantage de sources renouvelables que de combustibles fossiles, est essentiel pour réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre. Quel que soit le temps nécessaire pour atteindre les objectifs de décarbonation, la réduction des émissions de carbone restera une caractéristique durable du paysage énergétique pendant des décennies.

Plus de 140 pays, dont les plus gros émetteurs de GES, ont pris des engagements en matière de réduction des émissions de carbone.⁵⁵ Alors que de nombreux pays, entreprises et investisseurs à travers le monde se concentrent sur la réduction des émissions de carbone, celle-ci est devenue un facteur essentiel et matériel pour tous les investisseurs dans le domaine de l'énergie.

Au fur et à mesure que la transition énergétique se poursuit, les combustibles fossiles seront de plus en plus remplacés par les énergies renouvelables comme source d'énergie. Il est cependant important de reconnaître qu'il n'existe pas d'approche unique de la transition énergétique qui puisse convenir à tous les pays, à tous les stades de leur développement.

Le système énergétique de l'avenir aura besoin d'une variété de sources différentes pour obtenir les meilleurs résultats (Illustration 14). Étant donné que la dispatchabilité des combustibles fossiles complète assez bien l'intermittence des sources renouvelables, le système énergétique de l'avenir prévisible continuera probablement à incorporer les deux. La diversification des sources d'énergie entre les sources renouvelables et les combustibles fossiles peut en outre apporter un élément de résilience et de sécurité indispensable. Plus importants encore, les combustibles fossiles à faible teneur en carbone, comme le gaz naturel, peuvent jouer un rôle important et assurer la sécurité et l'accessibilité de l'énergie pendant la transition à long terme.

Les compromis autour de l'électrification sont bien réels, et les choix que feront les gouvernements et les sociétés seront déterminants pour le rythme de la transition énergétique. Les investisseurs à long terme qui cherchent à naviguer dans le paysage énergétique en évolution seront confrontés à une série d'opportunités et de défis en matière d'investissement, et c'est sur ces derniers que nous nous pencherons au chapitre 3.



CHAPITRE 3

IMPLICATIONS SUR LES INVESTISSEMENTS

“

Il est important de comprendre qu'il n'existe pas de solution miracle et que de multiples sources d'énergie seront nécessaires pour répondre à la demande mondiale croissante.”

03

IMPLICATIONS SUR LES INVESTISSEMENTS

La transition énergétique est un processus long, lent et complexe qui s'accompagne de multiples compromis et défis. Le rythme et l'ampleur varieront d'un pays à l'autre, mais cette transition reste un moteur essentiel du système énergétique mondial et offre une série d'opportunités d'investissement dans le monde entier. Il est important de comprendre qu'il n'existe pas de solution miracle et que de multiples sources d'énergie seront nécessaires pour répondre à la demande mondiale croissante. Il est également important que les investisseurs reconnaissent les différentes étapes de la transition afin de trouver les meilleures opportunités, qui, selon nous, s'articulent autour de trois thèmes primordiaux.

1. Favoriser les énergies renouvelables en soutenant les intrants essentiels et les infrastructures complémentaires

La production d'énergie renouvelable s'est considérablement développée et a atteint une certaine ampleur sur de nombreux marchés dans le monde. Toutefois, cette expansion n'a pas été suivie dans d'autres domaines de l'infrastructure des énergies renouvelables, tels que le stockage et le transport de l'électricité. Ce déséquilibre dans les infrastructures renouvelables se reflète dans la fréquence des épisodes de prix négatifs de l'électricité, la perte d'énergie due à la réduction de la production d'électricité et les longs délais de raccordement des nouveaux projets au réseau.

L'électricité produite à partir de sources renouvelables est au cœur de la transition énergétique.

Ces réalités démontrent que les infrastructures complémentaires, à savoir le transport et le stockage de l'électricité, sont à la traîne et doivent être modernisées pour gérer un système énergétique dont les sources sont essentiellement intermittentes. Pour les investisseurs, le besoin généralisé d'infrastructures renouvelables étendues et nouvelles, au-delà de la production d'électricité, est évident et clair. Les investisseurs doivent aussi tenir compte des éléments clés de la chaîne d'approvisionnement des énergies renouvelables ainsi que des vastes possibilités offertes par les marchés émergents, où la croissance de l'énergie renouvelable est la plus rapide.

Possibilités d'endettement sur les marchés matures des énergies renouvelables et au-delà du solaire et de l'éolien

La transition énergétique nécessitera davantage d'électricité provenant de sources renouvelables. Les politiques gouvernementales et les capitaux privés ont adopté cet aspect de la chaîne d'approvisionnement énergétique et la production mondiale d'électricité à partir de sources renouvelables a été multipliée par quatre entre 2012 et 2023.⁵⁶

Pour les investisseurs, cependant, le paysage de la production d'électricité devient plus complexe à mesure que le marché mûrit. Les subventions publiques qui permettent cette croissance de la production d'énergie renouvelable et l'innovation technologique rapide entraînent également une concurrence féroce entre les producteurs d'énergie, une chute des prix de l'électricité et une réduction des marges.

En outre, les problèmes de chaîne d'approvisionnement, l'augmentation du coût des équipements et de la main-d'œuvre, les retards dans l'obtention des permis et la hausse des taux d'intérêt sont autant de difficultés qui entravent les nouveaux projets par rapport à ce qu'ils étaient il y a quelques années seulement.⁵⁷ En réalité, les efforts déployés par les États-Unis pour accroître la production d'énergie éolienne en mer ne suscitent pas l'intérêt des développeurs de projets ou bien les conditions sont renégociées en raison de l'évolution rapide de l'économie de la production d'énergie.^{58, 59} Des problèmes similaires affectent également les projets en Europe et entraînent des retards importants ou des annulations pures et simples.⁶⁰

Comment les investisseurs peuvent-ils envisager de se lancer dans ce paysage très dynamique de la production d'énergie renouvelable en Europe et aux États-Unis? D'abord, il peut y avoir de meilleures opportunités dans le domaine de la

dette plutôt que dans celui des actions. Le financement par l'emprunt tend à être moins abondant que le financement par fonds propres dans ce domaine. La dette senior, en particulier, offre des opportunités intéressantes. Et compte tenu de la hausse des taux d'intérêt au niveau mondial, certaines opportunités pourraient également se présenter dans le domaine de la dette mezzanine et de la dette structurée - en particulier dans les projets pour lesquels des accords d'achat sont en place, l'octroi de permis pour de nouveaux projets n'est pas très ouvert, les connexions au réseau ont déjà été établies et les projets sont situés relativement près des clients finaux. L'endettement au niveau de la société mère ou du groupe, plutôt qu'au niveau de chaque projet, permet en outre de diversifier les risques idiosyncrasiques liés aux projets et d'obtenir des flux de trésorerie plus résistants.

La transmission et le stockage de l'électricité doivent être améliorés pour gérer un système énergétique dont les sources sont principalement intermittentes.

Ensuite, les investisseurs devraient regarder au-delà de la production d'énergie éolienne et solaire et explorer les projets hydroélectriques et géothermiques. Ces sources d'énergie peuvent être réparties, ont également un coût marginal nul et peuvent profiter de prix plus élevés lorsque l'énergie éolienne et solaire n'est pas produite. Étant donné le peu de zones pouvant être envisagées pour ce type de projets et la difficulté d'en construire de nouvelles, ces projets sont généralement confrontés à moins de concurrence et de risques d'obsolescence que les projets éoliens et solaires, et leur endettement peut être très intéressant. Plus précisément, la recapitalisation de projets hydroélectriques en Europe, en Scandinavie et en Italie, ainsi que la reconstruction d'infrastructures existantes au Chili, au Pérou, au Brésil et dans d'autres parties de l'Amérique latine. Les projets d'énergie géothermique constituent davantage un marché de niche, avec quelques projets dans l'ouest des États-Unis et dans certaines régions d'Islande.

Les investisseurs en marchés émergents devraient s'intéresser aux producteurs d'énergie renouvelable bien positionnés en Inde

Avec l'augmentation de la demande d'énergie et de l'offre d'énergies renouvelables, l'Inde offre une opportunité intéressante pour les investisseurs. Elle est déjà le quatrième

consommateur d'électricité au monde et le troisième producteur d'énergie renouvelable. Aujourd'hui, les sources renouvelables représentent 20% de la production d'électricité en Inde et leur part augmente rapidement. L'Inde a franchi un cap en 2022 en produisant davantage d'électricité à partir de sources renouvelables qu'à partir de sources de combustibles fossiles.

Dans ce contexte de croissance incroyable, les entreprises ayant des antécédents en matière d'exécution de projets à grande échelle et des relations établies avec les autorités gouvernementales et réglementaires peuvent être attrayantes. Des entreprises comme Greenko et ReNew Energy Global sont aujourd'hui des acteurs majeurs de la production d'énergie solaire et éolienne. Les flux de trésorerie provenant de la production existante peuvent également contribuer à soutenir les efforts ambitieux et à forte intensité de capital déployés pour accroître la capacité de production d'électricité.

En plus de présenter des opportunités attrayantes, les marchés émergents comportent également des risques inhabituels pour les investisseurs. La production d'énergie renouvelable ne fait pas exception. Le vol d'électricité représente un risque important dans de nombreux pays en développement d'Amérique latine, d'Asie et d'Afrique, avec des taux de vol estimés à 20-30% dans certains pays et un coût global avoisinant les 100 milliards de dollars par an.^{61, 62}

Composants clés de la chaîne d'approvisionnement des énergies renouvelables: éoliennes et minéraux

Une autre façon d'investir dans le secteur éolien sans se laisser piéger par le déséquilibre des infrastructures ou la forte volatilité du prix de l'électricité est d'envisager des investissements dans les fabricants d'éoliennes. Ils offrent un rapport risque/rendement différent de celui des projets individuels et peuvent constituer un investissement intéressant. Vestas, Nordex et Siemens Gamesa sont leaders sur les marchés européen et nord-américain des éoliennes terrestres et maritimes.

Les métaux et les minéraux sont également des éléments essentiels du futur système énergétique. Alors que les minéraux critiques comme le lithium et le cobalt font l'objet d'une grande attention en raison de leur rareté ou de la concentration de leur traitement, leur demande est fortement liée à la technologie actuelle de stockage de l'énergie et aux ventes de véhicules électriques. À l'inverse, en raison de son extraordinaire conductivité, de sa résilience et de sa malléabilité, le cuivre est essentiel à tous les aspects de l'électrification, de la production d'énergie à la transmission, et même dans des équipements tels que les véhicules électriques. En raison de ses propriétés uniques, il est difficile d'éliminer complètement le cuivre des systèmes électriques, contrairement au cobalt, par exemple. De fait,

le besoin de cuivre pour tous les aspects de l'électrification peut parfois être négligé par les marchés. À mesure que l'électrification progresse, la demande mondiale en cuivre devrait plus que doubler d'ici 2050 (Illustration 15).⁶³

En ce qui concerne l'approvisionnement en cuivre, celui-ci se trouve généralement dans des endroits reculés et l'extraction est très gourmande en capital et en temps.⁶⁴ Les autorisations et les permis pour les nouvelles mines sont de plus en plus difficiles à obtenir en raison des préoccupations environnementales. Par conséquent, la mise en place de nouvelles capacités peut prendre des années et coûter des milliards. Les nouvelles mines de cuivre primaire qui ont commencé à produire entre 2019 et 2022, par exemple, ont eu un délai de mise en œuvre moyen de plus de 20 ans.⁶⁵ Compte tenu de la baisse de 25% de la qualité moyenne du minerai de cuivre extrait, certains producteurs de cuivre devront dépenser davantage pour maintenir leur niveau de production actuel.^{66, 67}

L'octroi de permis pour les nouvelles mines de cuivre devient de plus en plus difficile en raison des préoccupations environnementales. La construction de nouvelles capacités peut donc prendre des décennies et coûter des milliards.

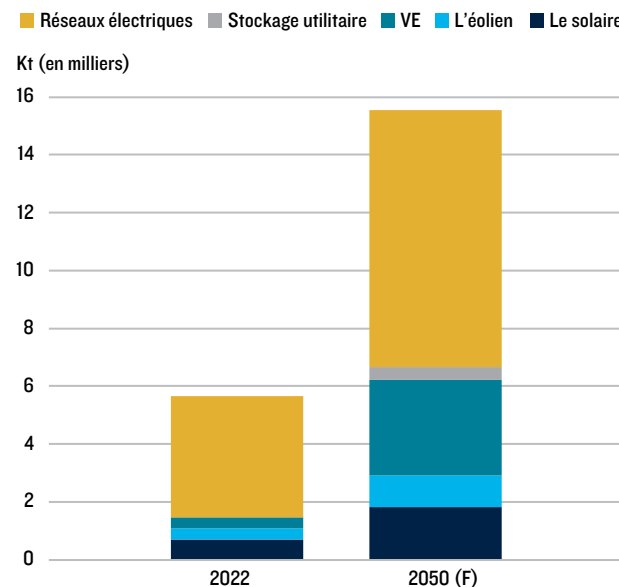
Pour les investisseurs, cela crée une dynamique offre/demande très attrayante à long terme.⁶⁸ Deux mineurs de cuivre purs, Ivanhoe Mines et Ero Copper, peuvent offrir de solides perspectives de croissance aux investisseurs en actions. Non seulement ils produisent efficacement du cuivre aujourd'hui, mais ils ont également la capacité d'augmenter leur production prochainement pour répondre à la demande croissante. Pour les investisseurs en titres de créance, Southern Copper et Freeport-McMoRan sont de grands producteurs qui bénéficient d'économies d'échelle, de flux de trésorerie importants provenant de leurs activités courantes et de bilans solides.

Élargissement et modernisation du réseau

Le besoin quasi universel de réseaux plus vastes et plus intelligents offre aux fournisseurs de composants clés des réseaux et de services de construction de puissants effets de levier macroéconomiques. L'Agence internationale de l'énergie estime que pour s'alimenter principalement en énergies renouvelables, le monde devra ajouter ou remplacer près de 80 millions de kilomètres de lignes de transport d'ici 2040.⁶⁹ Des entreprises comme Eaton aux États-Unis et Schneider Electric

Illustration 15: Le cuivre est essentiel à l'électrification

Kilotonnes de cuivre nécessaires pour atteindre les objectifs de la transition énergétique



Remarque: Indique l'hypothèse de l'AIE dans le cadre du scénario des promesses annoncées. (F) indique la prévision.

Source: Agence internationale de l'énergie, Mars 2024.

en France fournissent des composants clés, notamment des onduleurs, des transistors et des sous-stations pour les lignes de transmission. Leur rôle central dans la transition énergétique au cours des prochaines années n'est peut-être pas pleinement apprécié par le marché aujourd'hui.

En Inde, les fabricants de câbles de transmission opèrent sur un marché quelque peu protégé et, compte tenu de la demande pressante d'extension du réseau de transmission, ils pourraient réaliser des investissements intéressants. Polycab et Apar Industries sont les principaux acteurs de ce marché en pleine croissance.

L'ingénierie et la construction de réseaux et de lignes de transmission constituent un autre secteur où les investisseurs peuvent trouver des opportunités dans les marchés émergents. Pour les investisseurs, des sociétés comme ISA et Celeo Redes, qui conçoivent et construisent des lignes de transmission en Amérique du Sud, offrent une exposition à un portefeuille d'actifs de transmission sous forme d'obligations liquides et amortissables, avec une rémunération indexée sur l'inflation et les taux de change. En outre, ce sont des opérateurs importants dans leur région et ils entretiennent des relations de longue date avec les régulateurs et les autres autorités gouvernementales. En s'asseyant à la table des représentants de leurs gouvernements respectifs, ces entreprises sont bien placées pour surmonter les difficultés liées à l'obtention des permis et pour mener à bien ces projets d'infrastructure de grande envergure.

Stockage d'électricité à grande échelle et de longue durée

Le stockage de l'électricité à l'échelle industrielle est un autre élément essentiel de la transition énergétique que les investisseurs devraient prendre en considération. Pour atteindre les objectifs de la transition énergétique, près de 1'000 GWh de stockage d'énergie à l'échelle du réseau et d'autres formes de stockage d'énergie seront nécessaires au niveau mondial d'ici 2030, soit environ 35 fois la taille du marché actuel (Illustration 16).⁷⁰ Les principaux acteurs du stockage industriel de l'énergie sont les Coréens Samsung SDI et LG, le Chinois BYD et le Japonais Panasonic.

Le stockage d'électricité à l'échelle industrielle est un élément essentiel de la transition énergétique que les investisseurs devraient prendre en considération.

Le stockage d'énergie de longue durée est un élément clé pour résoudre l'intermittence à long terme et la variabilité saisonnière des sources d'énergie renouvelable. Ces mécanismes diffèrent considérablement des batteries au lithium utilisées pour alimenter les voitures et les téléphones mobiles pendant des heures.⁷¹ Ils permettent de stocker de l'énergie pendant des jours, des semaines, voire des mois, afin d'offrir à un système énergétique une plus grande flexibilité en absorbant l'énergie excédentaire pendant les périodes de production de pointe et en la déployant en fonction des besoins pour répondre aux fluctuations saisonnières de l'offre et de la demande.⁷² Un stockage d'énergie de longue durée suffisant et rentable améliore non seulement la résilience des réseaux électriques locaux et régionaux, mais réduit également le besoin de combustibles fossiles, tels que le charbon de base ou le gaz naturel distribuable, pour répondre à la demande d'énergie ou lisser la production intermittente d'électricité d'origine renouvelable.⁷³

La technologie la plus répandue et la plus mature est l'hydroélectricité de pompage, et selon certaines estimations, elle représente 90% ou plus du stockage de l'énergie électrique en vrac aujourd'hui.⁷⁴ Elle est particulièrement intéressante parce qu'elle peut fournir une source d'énergie facilement répartissable, mais elle a des exigences géographiques spécifiques et il n'y a pas forcément beaucoup de place pour l'expansion. La construction de nouvelles capacités est en outre très limitée, car il peut être difficile d'obtenir des autorisations, étant donné que des villes et des villages entiers sont souvent déplacés dans le cadre de ces projets. Iberdrola, une entreprise européenne de services publics, est actuellement un des leaders dans ce secteur. Elle a récemment construit et ouvert une nouvelle installation de pompage-

Illustration 16: Besoin croissant de stockage pour les services publics

Capacité de stockage actuelle par rapport à la capacité de stockage nécessaire



Remarque: La capacité de stockage nécessaire fait référence au scénario de zéro émission nette. (F) indique la prévision.

Source: Agence internationale de l'énergie. Mars 2024.

turbinage de 40 GWh dans le nord du Portugal, qui stocke l'électricité excédentaire et la rend disponible à une date ultérieure. Cela porte à plus de 100 GWh la capacité actuelle des centrales hydroélectriques à pompage-turbinage en Espagne et au Portugal, avec 170 GWh supplémentaires en cours de construction ou dans le pipeline.^{75, 76}

Fournisseurs d'énergie verticalement intégrés

Les fournisseurs d'énergie ayant des capacités de production et de distribution d'électricité peuvent également constituer un domaine intéressant pour les investisseurs. Plus précisément, les acteurs dominants sur des marchés importants, qui ont une longue expérience de la construction et de l'entretien de leurs infrastructures, peuvent être très intéressants. Bien que ces entreprises de services publics soient souvent fortement réglementées, la concurrence est limitée dans leur région et certaines peuvent avoir la possibilité de répercuter des coûts plus élevés sur les utilisateurs finaux afin de protéger leurs marges.

En Europe, Iberdrola est une entreprise multinationale de services publics d'électricité et le premier producteur mondial d'énergie éolienne, avec une expertise et des économies d'échelle considérables. Iberdrola dessert environ 30 millions de clients dans le monde et possède des activités importantes au Royaume-Uni, en Europe continentale et en Amérique. En Amérique du Nord, NextEra Energy est le plus grand producteur d'énergie renouvelable aux États-Unis, fournissant de l'électricité dans 49 États américains et au Canada. Elles fournissent de l'électricité à partir d'un ensemble diversifié de sources d'énergie, dont l'énergie éolienne, l'énergie solaire, l'énergie nucléaire et le gaz naturel.

Les investisseurs en dette peuvent manquer des opportunités s'ils se concentrent uniquement sur les obligations de la société holding. Dans le cas des grands producteurs d'électricité comme Iberdrola et NextEra, il peut également y

avoir des opportunités au niveau des projets. Ces producteurs d'énergie financent souvent un portefeuille de projets électriques séparément via les marchés du crédit privé, et ce type de dette peut permettre aux investisseurs d'accéder à un portefeuille d'actifs de production d'électricité.

Energo-Pro est un important producteur d'énergie hydroélectrique et un distributeur d'électricité en Europe de l'Est, ainsi qu'en Turquie et en Espagne. Elles opèrent dans le cadre d'un taux de rendement réglementé pour leurs activités de distribution, ce qui leur permet de répercuter les coûts afin de maintenir leurs marges. Compte tenu de leur expertise en matière d'acquisition et d'exploitation de centrales hydroélectriques, elles fabriquent également des équipements hydroélectriques et offrent des services de conseil à d'autres.

Les marchés importants et en croissance constituent une excellente toile de fond pour les investisseurs. CenterPoint Energy est l'un des principaux distributeurs d'électricité et de gaz naturel au Texas. L'État a une population croissante et la demande d'énergie est prête à augmenter avec elle. Le Texas est en revanche un très grand centre de production d'énergie éolienne et solaire, et le réseau de Centerpoint est un élément essentiel pour acheminer cette offre croissante là où elle est nécessaire.

2. Se tourner vers des combustibles fossiles à faible teneur en carbone tout en évitant le risque d'obsolescence

Si de nombreux aspects de la transition énergétique restent incertains et flous, une chose est sûre: la transition prendra des décennies et les combustibles fossiles ne seront probablement pas complètement remplacés. En d'autres termes, les combustibles fossiles et l'immense réseau mondial d'infrastructures qui soutient leur utilisation contribueront à satisfaire les besoins énergétiques mondiaux pendant une grande partie du 21^e siècle. Pour les investisseurs, ce segment du complexe énergétique offre la possibilité d'investir dans des éléments relativement stables, qui génèrent des flux de trésorerie durables et qui peuvent assurer la transition vers un monde à faible émission de carbone.

Le gaz naturel remplace les combustibles fossiles à fortes émissions de carbone

Le gaz naturel est un élément essentiel d'un avenir à faible teneur en carbone, car il remplace le charbon, qui émet davantage de carbone, en particulier dans la production d'électricité. À ce titre, il peut s'avérer précieux en tant que source de carburant «transitoire» pendant que les infrastructures de production, de stockage et de transmission d'énergie renouvelable sont mises en place. La demande mondiale de gaz naturel liquéfié devrait en effet augmenter de plus de 50% d'ici 2040, à mesure que le passage du charbon au gaz se développera en Chine et en Asie du Sud.⁷⁷

L'explosion de la production de gaz naturel entre 2006 et 2023 au niveau mondial est principalement due à la révolution du schiste aux États-Unis. La fracturation hydraulique et les techniques de forage horizontal ont permis d'exploiter de vastes nouvelles réserves de gaz naturel aux États-Unis, et ce développement a lancé un boom autour du gaz naturel liquéfié.⁷⁸ La production américaine de GNL a presque doublé et les États-Unis sont aujourd'hui le premier exportateur mondial (Illustration 17). L'invasion de l'Ukraine par la Russie a par ailleurs accéléré l'essor des infrastructures de GNL en Europe et dans d'autres régions. La capacité à transporter le GNL de manière plus efficace a donné naissance à un marché plus mondialisé et améliore la résilience, car les fournisseurs peuvent réagir plus rapidement aux chocs mondiaux.⁷⁹

Les combustibles fossiles à faible teneur en carbone offrent aux investisseurs la possibilité d'investir dans des flux de trésorerie stables et durables.

Les entreprises de la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel, depuis les producteurs jusqu'à la transformation, la liquéfaction et le transport, peuvent offrir des opportunités intéressantes aux investisseurs. Les petits producteurs de gaz américains comme EQT et Antero ont des activités efficaces par rapport à leurs pairs et offrent un potentiel de croissance.

Les gazoducs sont un autre moyen d'investir dans le gaz naturel à l'échelle mondiale. Souvent, ces entreprises ont conclu des accords d'achat à long terme. Le «péage» des gazoducs offre aux investisseurs une proposition risque-rendement différente dans le domaine du gaz naturel: une exposition à une demande en plein essor avec une moindre exposition à la volatilité des prix à court terme. Aux États-Unis, les principaux acteurs du secteur des pipelines, tels qu'Enbridge, Williams et Kinder-Morgan, peuvent être intéressants pour les investisseurs en dette.

En Amérique latine, des acteurs du secteur du gaz naturel comme Esentia Energy Systems et GNL Quintero offrent une exposition distinctive au transport et au stockage du gaz naturel ainsi qu'à la régazéification du GNL. Les producteurs d'électricité privés mexicains tels que Tierra Mojada et Valia Energia offrent des possibilités d'investissement dans des centrales de base alimentées au gaz naturel en aval des gazoducs.

En outre, comme les producteurs de gaz naturel sont poussés à réduire leurs émissions de carbone lors de l'extraction, ils se tournent de plus en plus vers des fournisseurs de services de forage tels que Baker Hughes et SLB. Alors que 50 grandes compagnies pétrolières et gazières se sont engagées lors de la COP28, fin 2023, à réduire considérablement les émissions de méthane d'ici 2030, les services de ces

entreprises continueront d'être sollicités pour détecter les fuites dans les oléoducs et éliminer le torchage du méthane.⁸⁰

Les investisseurs qui cherchent à investir dans le marché en plein essor des exportations de GNL sans prendre de risque supplémentaire lié aux matières premières trouveront en Cheniere Energy un exemple d'entreprise dont la proposition commerciale est différenciée. Ils fournissent des infrastructures pour transformer le gaz naturel en GNL ainsi que des terminaux pour le transporter. La demande de services étant très forte, Cheniere est déjà un leader du marché et, compte tenu de sa taille et de son efficacité opérationnelle, réalise des économies d'échelle. Il est également possible de développer les activités en ajoutant des installations et des services supplémentaires. Le Qatar est un autre grand exportateur de GNL, et Gulf International Services est un important entrepreneur de forage dans la région, qui entretient des relations étroites avec les principaux producteurs publics.

Les entreprises de la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel peuvent être exposées à une demande en plein essor tout en étant moins exposées à la volatilité des prix à court terme.

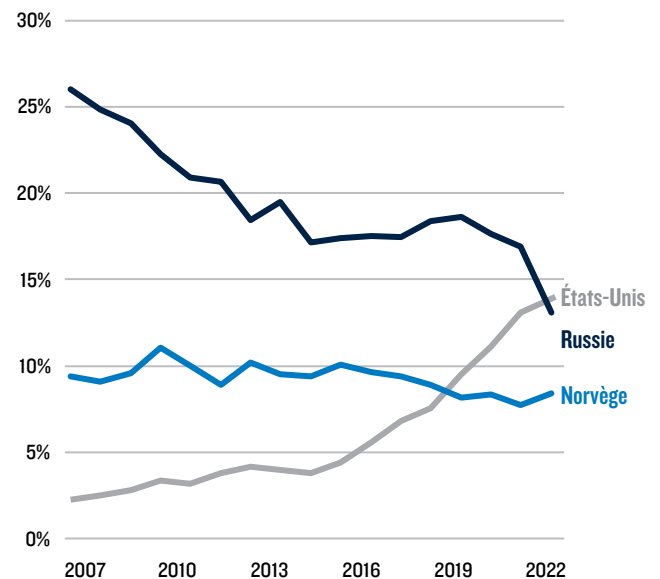
Opportunités de crédit pour les producteurs de taille moyenne

Bien que certaines banques aient complètement cessé de prêter à l'industrie du pétrole et du gaz, les grands producteurs peuvent encore obtenir des financements, en particulier ceux qui sont en mesure d'émettre sur les marchés des obligations d'entreprise.^{81 82} Le recul des prêts bancaires pourrait cependant être plus marqué pour les producteurs d'énergie trop petits pour accéder aux marchés publics du crédit. Pour les prêteurs directs, ce segment du marché intermédiaire du complexe énergétique en Amérique du Nord peut offrir des opportunités intéressantes, car les capitaux peuvent être rares et les prêteurs ont une certaine influence sur les prix et les conditions.

Les premières étapes de l'exploration et de la production de pétrole et de gaz sont souvent financées par des fonds propres. Mais une fois que les travaux d'exploration sont terminés et que les zones optimales pour le forage des puits ont été vérifiées, les acteurs du secteur de l'énergie se tournent souvent vers les marchés de la dette pour passer à l'étape suivante, moins risquée et à forte intensité de capital.⁸³ Ce type de développement à mi-parcours est caractérisé par des flux de trésorerie fiables et des garanties tangibles, ce qui constitue des bases de crédit solides. Les emprunts souscrits de manière prudente, c'est-

Illustration 17: La révolution du schiste a transformé les États-Unis en une puissance mondiale du gaz naturel

Part de certains des plus grands exportateurs de gaz naturel



Source: Organisation des pays exportateurs de pétrole. Mars 2024.

à-dire avec un faible effet de levier, des structures de capital simples et en ne prêtant que sur la valeur des réserves connues, peuvent intéresser les investisseurs. En outre, la dette mezzanine ou structurée peut être assortie de coupons attrayants basés sur les flux de trésorerie prouvés, ainsi que d'une exposition supplémentaire à la hausse sous la forme de redevances ou de bons de souscription d'actifs - qui peuvent également fournir une protection fiable contre l'inflation pour les investisseurs.

Les grandes compagnies pétrolières ont-elles un rôle à jouer dans un nouveau système énergétique?

Les combustibles fossiles continueront très certainement à faire partie du système énergétique de l'avenir, même si c'est dans une moindre mesure et probablement davantage sous la forme de gaz naturel que de charbon et de pétrole. Ce nouveau système énergétique promet de diviser les grandes compagnies pétrolières actuelles en gagnants et en perdants. Certaines grandes compagnies pétrolières mondiales s'appuieront sur la fin prochaine des combustibles fossiles et concentreront leurs investissements uniquement sur la poursuite de la fourniture des combustibles du passé, à savoir le pétrole. Ces entreprises risquent de devenir obsolètes en raison des gains d'efficacité et de l'amélioration des infrastructures dans le domaine des énergies renouvelables. Elles pourraient en fin de compte être définies par l'ampleur de leurs actifs carbone échoués qui ne sont plus économiquement viables.

Mais il y aura aussi une série de grandes compagnies pétrolières qui sortiront gagnantes du nouveau paysage énergétique. Celles-ci sont davantage tournées vers l'avenir, s'appuieront sur la transition énergétique et trouveront des moyens de rester des fournisseurs d'énergie, quelles que soient les sources d'énergie primaires. Il y a plus précisément deux façons pour les grands noms de l'énergie d'aujourd'hui de rester gagnants dans le système énergétique de demain:

Les combustibles fossiles continueront très certainement à faire partie du système énergétique de l'avenir, même si c'est dans une moindre mesure

1. Transformer leur production d'énergie pour répondre aux besoins d'un nouveau système énergétique

Les grandes compagnies pétrolières qui sont suffisamment dynamiques pour réorienter leur production d'énergie vers les sources de carburant de l'avenir resteront probablement au premier plan. Certaines intègrent déjà l'électricité dans leur modèle d'entreprise actuel. Les grandes compagnies pétrolières BP et Shell, par exemple, sont en train de convertir leur vaste réseau de stations-service en installations de recharge pour VE au Royaume-Uni et en Europe.⁸⁴ D'autres tirent parti de leur connaissance approfondie du paysage énergétique mondial pour négocier des «molécules et des électrons», c'est-à-dire du pétrole et du gaz ainsi que de l'électricité.⁸⁵

Le gaz naturel et le GNL sont des exemples de combustibles transitoires qui auront leur place à l'avenir en tant que complément nécessaire des sources renouvelables. TotalEnergies et Shell sont deux des principaux producteurs et transporteurs de GNL.⁸⁶ Ces entreprises sont bien placées car le gaz et le GNL représentent une part importante de leurs revenus et de leurs bénéfices globaux.^{87 88} Toutefois, les marchés pourraient ne pas apprécier cette approche car les grandes compagnies pétrolières européennes comme Shell et BP se sont négociées à un prix inférieur à celui de leurs homologues américaines comme Exxon-Mobil.^{89, 90}

2. S'appuyer sur leur expertise technique pour rendre opérationnelles les innovations vertes

Une grande partie de l'innovation dans le domaine des technologies vertes provient des laboratoires de recherche des grandes compagnies pétrolières et gazières, et certains éléments semblent indiquer qu'elles sont plus performantes que les jeunes entreprises spécialisées dans les technologies de l'énergie. En théorie, les grandes compagnies pétrolières et gazières disposent non seulement d'une trésorerie solide leur permettant d'engager des sommes importantes pour

financer la recherche, mais elles possèdent également une expertise en matière d'extraction, de raffinage et d'autres processus pétrochimiques leur permettant de mettre en œuvre leurs découvertes. Ces entreprises ont de plus une longue expérience dans l'exécution de projets complexes et de grande envergure. Les grandes compagnies pétrolières ayant des activités de raffinage élaborées peuvent par exemple tirer parti de ces compétences pour faire progresser et rendre opérationnels les biocarburants et l'aviation durable.

Des recherches récentes ont analysé le paysage de l'innovation verte à travers la qualité et la quantité des brevets de technologies vertes. Cette recherche a permis d'identifier les acteurs majeurs du pétrole et du gaz comme des innovateurs clés dans le domaine des technologies vertes et de constater que la quantité et la qualité des brevets sur les technologies vertes étaient plus élevées dans les entreprises énergétiques traditionnelles.⁹¹ La recherche indique également que les brevets des entreprises du secteur de l'énergie résultent en grande majorité de recherches internes (plutôt que d'acquisitions de start-up) et débouchent plus souvent sur des produits réels qui réduisent les émissions de carbone et génèrent des revenus. Shell, BP et Exxon-Mobil figurent parmi les leaders en matière de brevets de technologies vertes dans des domaines tels que les biocarburants, la capture du carbone et la production d'hydrogène.⁹²

3. Éviter le tumulte médiatique: Suivre l'innovation dans le domaine des sources d'énergie renouvelable et des technologies vertes

Certaines innovations spéculatives, comme l'hydrogène, peuvent susciter une attention considérable de la part des médias, et les entreprises peuvent être qualifiées d'arrivistes courageux défiant les grands opérateurs énergétiques en place. Mais peu de start-up à l'origine de ces technologies spéculatives sont susceptibles d'être opérationnelles et de développer suffisamment leurs activités pour supplanter les acteurs mondiaux du secteur de l'énergie. Les acteurs mondiaux du secteur de l'énergie seront probablement parmi les plus grands fournisseurs et clients des technologies innovantes, et de nombreuses start-up dans ce domaine pourraient choisir de s'associer à de grandes entreprises du secteur de l'énergie pour tirer parti de leur expertise en matière d'exploitation, de raffinage et de transport.

Les propositions risquent/rendement de certaines de ces innovations à un stade précoce peuvent ne pas être attrayantes pour les investisseurs. Bien que ces innovations soient à des stades de maturité différents, certaines étant plus proches du laboratoire que du monde réel, elles ont toutes deux choses en commun: premièrement, elles ont toutes le potentiel, lorsqu'elles seront pleinement mûres et opérationnelles, de

modifier profondément le paysage énergétique. Ensuite, elles sont toutes confrontées à d'immenses défis avant de pouvoir être appliquées à grande échelle dans le monde réel.

Les piles à hydrogène comme source d'énergie alternative et propre

L'hydrogène a suscité beaucoup d'intérêt en tant que source de carburant alternative prometteuse et présente des caractéristiques convaincantes: il est relativement abondant au niveau mondial, sa densité énergétique est deux fois et demie supérieure à celle de l'essence ou du diesel et il brûle proprement, sans émissions de carbone.⁹³

L'hydrogène est toutefois confronté à de nombreux défis en matière de transport et de stockage avant de pouvoir être utilisé à grande échelle. L'un des principaux obstacles à l'adoption généralisée des piles à hydrogène est l'infrastructure spécialisée (et son coût considérable) nécessaire à la production, au transport et au stockage de l'hydrogène. L'hydrogène est un gaz en conditions normales, mais il n'est pas facilement compatible avec l'infrastructure actuelle des gazoducs et des oléoducs. L'hydrogène nécessite souvent une pression extrêmement élevée (5'000 à 10'000 psi) ou des températures basses (-250 C°) pour être transformé à l'état liquide, où il est plus facile à transporter ou à stocker.⁹⁴ Qui plus est, chaque étape de la conversion de l'hydrogène (*par ex.*, du gaz au liquide, puis à nouveau au gaz) nécessite de l'énergie et ne fait qu'augmenter le coût du transport et de la consommation de l'hydrogène.

Les recherches montrent que les grandes compagnies pétrolières sont des innovateurs clés et figurent parmi les leaders en matière de brevets de technologies vertes dans des domaines tels que les biocarburants, le piégeage du carbone et la production d'hydrogène.

De nombreuses start-up s'efforcent de résoudre les problèmes liés à la production, au stockage et au transport de l'hydrogène. Elles sont cependant loin de proposer une solution efficace et viable.

Énergie nucléaire: de fission à fusion

La fusion nucléaire est le processus qui alimente le soleil et d'autres étoiles. Elle offre la promesse d'une énergie illimitée et sans carbone.⁹⁵ Bien que des réactions de fusion aient été obtenues récemment dans des laboratoires de recherche financés par le gouvernement, il faudra encore attendre des décennies avant que ces réactions soient commercialement

opérationnelles pour produire de l'énergie.^{96,97} Le défi est que la fusion nucléaire requiert des conditions de température et de pression si extrêmes, plus de 100 millions C°, qu'il n'est tout simplement pas possible aujourd'hui de créer ces conditions de manière sûre et efficace en dehors d'un laboratoire.

Si la fusion nucléaire fait l'objet d'une grande attention de la part des médias, d'autres technologies nucléaires font partie du paysage énergétique depuis des décennies. Le nucléaire joue un rôle important aujourd'hui, avec des centrales à fission en activité dans plus de 30 pays. Plus de 60% de l'électricité totale de la France et de la Slovaquie provient de ce type de réaction nucléaire. Et de nombreuses centrales électriques fonctionnent depuis trois décennies ou plus.⁹⁸

L'attention portée aujourd'hui à la sécurité énergétique et aux sources d'énergie sans carbone fait, cependant, que l'énergie nucléaire basée sur la fission suscite un regain d'intérêt en tant qu'élément clé du futur système énergétique. Le nucléaire présente des caractéristiques attrayantes: il est implanté localement et constitue une source d'énergie de base sans émission de carbone. Cela le rend également utile pour des utilisations industrielles intensives telles que le raffinage du pétrole et les centres de données.

Le développement de l'énergie nucléaire basée sur la fission a été lent depuis les années 1970 en raison de deux défis principaux: l'autorisation et le coût. Même dans les cas où les problèmes d'autorisation ont été résolus, le coût estimé de la production d'électricité n'est souvent pas compétitif par rapport aux autres sources d'énergie. Les retards de plusieurs années et les dépassements de coûts importants sont fréquents dans les projets nucléaires. Au Royaume-Uni, en France et en Finlande, par exemple, les projets de construction de nouvelles centrales nucléaires ont connu des retards de 10 ans ou plus et les coûts réels ont plus que doublé par rapport aux estimations initiales.^{99, 100, 101}

Les dernières innovations en matière de fission concernent les réacteurs à petite échelle. Connus sous le nom de petits réacteurs modulaires (SMR), ces nouveaux modèles sont dotés de dispositifs de sécurité avancés, tels que des dispositifs d'arrêt automatique, et peuvent être moins coûteux parce qu'ils peuvent être produits en masse dans une usine et expédiés en pièces détachées sur un site pour y être assemblés.¹⁰² Ils promettent de décarboner certains processus industriels. Les SMR sont envisagés sur les sites de centrales électriques au charbon en fin de vie qui disposent déjà d'une grande partie de l'infrastructure nécessaire.¹⁰³ Cette technologie a d'une certaine manière déjà fait ses preuves puisque les SMR équipent aujourd'hui des centaines de sous-marins et de navires et que des projets terrestres ont été approuvés par certains organismes de réglementation nationaux,^{104,105, 106} mais la Chine est le seul pays à disposer d'un SMR terrestre actuellement en service^{107, 108}, alors que de nombreux nouveaux projets de SMR sont annoncés, mais peu d'entre eux aboutissent en raison de problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement, de dépassements de coûts et de retards qui font que les projets ne sont plus rentables.^{109, 110}

Innovations dans le stockage d'énergie au niveau du réseau

Les mécanismes de stockage de l'énergie tels que les batteries peuvent être utilisés pour relever de nombreux défis auxquels sont confrontés les secteurs de l'électricité qui dépendent de plus en plus de sources intermittentes, notamment l'amélioration de la répartition économique et de l'équilibrage du système de transmission. Ils peuvent aussi contribuer à la résilience et à la préparation aux situations d'urgence.

Les batteries au lithium dominant et sont de plus en plus adoptées car les progrès en matière de production, d'efficacité et d'économies d'échelle ont fait baisser leur coût de plus de 80% entre 2013 et 2023.¹¹¹ Malgré ces fortes baisses de prix, les mécanismes actuels du lithium pour le stockage industriel de l'énergie sont confrontés à plusieurs défis.

Mais surtout, les batteries au lithium ne sont pas faciles à mettre à l'échelle et ne sont pas toujours respectueuses de l'environnement. Par conséquent, des solutions chimiques autres que le lithium sont en train d'émerger. Par exemple, le sodium est plus abondant que le lithium, son accès est moins coûteux et ses propriétés chimiques sont similaires.¹¹² Compte tenu de leur longue durée de charge, de leur efficacité et de l'amélioration de la technologie autour de leur densité, les batteries au sodium ont un énorme potentiel d'utilisation sur le réseau.^{113, 114}

La technologie des batteries au sodium est toutefois confrontée à certains défis à court terme. La densité énergétique des batteries sodium-ion est actuellement inférieure à celle des batteries au lithium.¹¹⁵ Même si les composants chimiques sont moins chers et plus accessibles, l'industrie des piles au sodium n'a pas réalisé d'économies d'échelle et n'a pas gagné en efficacité de production. En théorie, une industrie de batteries au sodium à grande échelle devrait, avec le temps, être en mesure de produire des batteries dont le coût est compétitif et dont les performances sont similaires à celles du lithium.¹¹⁶

Capture et stockage du carbone

Le captage et le stockage du carbone (CSC) constituent une autre technologie potentiellement transformatrice qui doit faire face à de nombreux défis réels à court terme. Le processus permet essentiellement de capturer les émissions de CO₂ provenant de sources industrielles, telles que la fabrication d'éthanol ou les centrales électriques au charbon, et de stocker le gaz de manière à ce qu'il ne pénètre jamais dans l'atmosphère. La promesse du CSC est de permettre au monde de répondre à la demande actuelle et future, notamment dans les secteurs industriels qui sont particulièrement difficiles à décarboner, tout en réduisant les émissions de carbone. Le CSC joue en effet un rôle important dans de nombreux scénarios «zéro carbone».¹¹⁷ Les défis du CSC sont simples. Il y a tout d'abord des

défis géographiques: les sites où le carbone est émis ne sont pas souvent proches des endroits où le carbone peut être facilement et fiablement stocké. Le transport du CO₂ capturé vers le site de séquestration peut s'avérer difficile et coûteux d'un point de vue logistique. Aux États-Unis, des efforts sont en cours pour construire une infrastructure de pipelines dans les régions productrices d'éthanol du Midwest^{118, 119} Des entreprises comme Summit Carbon Solutions participent à la construction d'une «autoroute du carbone» pour transporter le CO₂ des usines d'éthanol vers des sites de séquestration et de stockage dans d'autres États, mais elles se heurtent à l'opposition des agriculteurs et des propriétaires terriens pour des raisons de sécurité et de protection de l'environnement.¹²⁰

L'attention portée aujourd'hui à la sécurité énergétique et aux sources d'énergie sans carbone fait que l'énergie nucléaire basée sur la fission suscite un regain d'intérêt en tant qu'élément clé du futur système énergétique.

Un deuxième défi pour le CSC est de savoir comment rentabiliser l'opération. Aux États-Unis, la législation gouvernementale prévoit des incitations salariales directes, mais l'incertitude quant à l'avenir du programme empêche la mise en place de l'infrastructure à long terme nécessaire pour le rendre opérationnel. Dans les pays où le marché du carbone est actif, la séquestration a une certaine valeur. Les coûts d'exploitation, à savoir la capture et le filtrage du CO₂, son transport vers un autre lieu et la séquestration du gaz, doivent toutefois être inférieurs à la valeur des incitations pour que l'opération soit commercialement viable.

Le chapitre 3 a examiné les risques cachés et les opportunités pour les investisseurs dans les différents titres et classes d'actifs. Le paysage évolutif et dynamique du système énergétique mondial a toutefois des implications qui traversent et influencent les portefeuilles d'investissement. Le chapitre 4 se penche sur ces implications et propose un plan d'action à l'échelle du portefeuille pour les DSI.

CHAPITRE 4

IMPLICATIONS POUR LE PORTEFEUILLE

“

L'action gouvernementale et les objectifs ESG soulèvent tous deux des considérations importantes pour les investisseurs et peuvent avoir un impact sur une série de décisions d'investissement.”

04



IMPLICATIONS POUR LE PORTEFEUILLE

L'action gouvernementale et les objectifs ESG présentent chacun des compromis pour les investisseurs qui ont un impact sur une série de décisions d'investissement. Ici, nous mettons en évidence les implications inter-portefeuilles découlant de la dynamique changeante du système énergétique mondial et fournissons un plan d'action pour les DSI.

1. Établir des positions claires sur la décarbonation mondiale, les objectifs d'investissement et les horizons temporels afin d'éclairer les investissements dans le domaine de l'énergie

Le changement climatique, la décarbonation et l'investissement dans l'énergie sont profondément liés et fortement interconnectés. Les DSI, en particulier ceux dont les parties prenantes sont davantage axées sur le climat, sont donc parfois confrontés à des demandes et à des attentes contradictoires. Par exemple: les impératifs de décarbonation des portefeuilles imposés par les conseils d'administration ou, sur certains marchés, par les régulateurs; les paiements alignés sur l'inflation imposés par les retraités; et la mise en place d'un système énergétique propre et résilient imposé par les futurs bénéficiaires. L'éventail des demandes transversales peut constituer un défi pour les DSI qui souhaitent établir une approche claire et cohérente de l'investissement dans le secteur de l'énergie. Des réponses définitives à des questions faussement simples peuvent aider à éclairer la réflexion des DSI sur l'investissement dans l'énergie:

- Cherchez-vous uniquement à maximiser les rendements tout en restant indifférent à la qualité environnementale des sources d'énergie dans lesquelles vous investissez?
- Cherchez-vous à réduire votre exposition aux risques liés au climat au fil du temps?
- Cherchez-vous à jouer un rôle plus proactif et positif dans la décarbonation de notre économie?
- Ou cherchez-vous à combiner ces trois éléments sur des périodes différentes?

Le changement climatique, la décarbonation et l'investissement dans l'énergie sont profondément liés et fortement interconnectés.

Les outils, les mesures et les approches les plus efficaces en matière d'investissement dans l'énergie peuvent varier en fonction de l'objectif qui prévaut. Étant donné la complexité de l'investissement dans le secteur de l'énergie, il est impératif que les DSI aient une vision claire et un accord philosophique avec leurs principales parties prenantes sur ces questions afin d'éclairer leur approche de l'investissement dans le secteur de l'énergie et d'établir des calendriers clairs pour guider leurs décisions.

Clarifier les objectifs en matière de changement climatique et de décarbonation

Il est essentiel de bien comprendre les objectifs d'investissement et leurs multiples incidences sur un portefeuille. Les investisseurs qui se concentrent principalement sur l'optimisation du risque et du rendement, par exemple, sont confrontés à un paysage complexe. D'une part, le passage à l'électrification et aux énergies renouvelables présente des risques de transition pour le secteur des combustibles fossiles, notamment les producteurs, les fabricants d'équipements, les services publics, etc. Cela soulève également la perspective d'actifs abandonnés, à la fois visibles et invisibles. L'électrification peut également offrir des opportunités dans d'autres secteurs, même ceux à forte intensité énergétique. Ainsi, à mesure que l'énergie produite par les énergies renouvelables augmente, les prix du réseau électrique deviennent plus volatils. Cette volatilité peut offrir des possibilités d'arbitrage aux industries à forte consommation d'énergie, qui peuvent faire coïncider leur demande d'électricité avec les périodes où les énergies renouvelables produisent de l'électricité à moindre coût.

Si l'adoption d'un nouveau paysage énergétique peut constituer une bonne stratégie à long terme à mesure que l'économie se décarbone, les coûts risquent d'être désagréables à court terme. Les entreprises qui cherchent à limiter les risques liés à la transition, comme les producteurs de pétrole, peuvent aussi avoir du mal à maintenir leurs marges bénéficiaires lorsqu'elles se détournent des combustibles fossiles. La question clé pour les investisseurs à long terme qui ne sont pas limités par des mandats de décarbonation de portefeuille est de savoir comment identifier les entreprises et les actifs dans les segments critiques à forte intensité de carbone de l'économie actuelle (comme la sidérurgie) qui se positionnent bien pour la transition vers l'économie à faible intensité de carbone de l'avenir.

Les impératifs prospectifs de réduction des émissions de carbone, par exemple, ne sont pas toujours en phase avec les objectifs à plus court terme en matière de développement économique et de pauvreté énergétique.

Les investisseurs qui donnent la priorité à la décarbonation du portefeuille ou à la transition énergétique sont confrontés à une série de défis différents. Alors que la consommation mondiale d'énergie devrait augmenter de 50%, voire plus, d'ici 2050, les investisseurs soucieux de développement durable sont confrontés au défi de la décarbonation face à l'augmentation persistante de la demande mondiale d'énergie. Ni le désinvestissement des combustibles fossiles ni l'investissement dans les dernières technologies climatiques n'apportent une réponse complète. L'approvisionnement énergétique mondial décarboné de demain reposera sur une combinaison d'investissements importants dans des infrastructures renouvelables complémentaires, des développements majeurs dans les technologies vertes comme l'hydrogène et la capture du carbone, ainsi que des gains d'efficacité dans de multiples secteurs et des combustibles fossiles résiduels, y compris le pétrole et le gaz. Les investisseurs devront comprendre à quel niveau de ce spectre ils doivent participer pour déterminer leur ensemble d'opportunités optimal.

Horizon d'investissement

Quelles que soient les priorités des investisseurs, le profil risque-rendement des investissements dans l'énergie dépend fortement de l'horizon temporel. Malgré l'accent mis sur les risques à long terme, il est important de réaliser que de nombreuses stratégies de gestion active tirent parti des variations de valeur relative à court terme et des opportunités de négociation. Un gestionnaire actif n'ayant aucune contrainte en matière de décarbonation aurait pu anticiper la hausse des prix du pétrole et du gaz en 2021 et investir dans les producteurs de pétrole pour profiter de l'évolution des prix à court terme, même s'il estime que les perspectives à long terme de nombreux producteurs ne sont pas très réjouissantes.

L'éventail des compromis liés à la transition énergétique à différentes échéances fait qu'il est essentiel pour les investisseurs de définir clairement leur horizon temporel, d'autant plus que la transition énergétique s'étalera sur plusieurs décennies et que ses effets sur le secteur de l'énergie évolueront au cours de cette période. Les flux de trésorerie durables à court terme des oléoducs et gazoducs et leur impact actuel sur le carbone ne présentent pas le même intérêt pour une pension qui se trouve dans sa phase de liquidation, c'est-à-dire qui verse la totalité de ses revenus et retire des actifs, que pour une pension qui accumule des actifs et dont la période de versement maximale se situe dans plusieurs dizaines d'années. Un horizon temporel différent peut également influencer sur le choix de minimiser l'empreinte carbone actuelle du portefeuille ou d'opter pour des investissements qui permettent et maximisent les émissions évitées à l'avenir.

2. Les investisseurs ayant un mandat de décarbonation doivent envisager des approches multiples

Pour les investisseurs qui ont un mandat de décarbonation, le système énergétique actuel présente de nombreuses complexités et de nombreux défis. Les impératifs prospectifs de réduction des émissions de carbone, par exemple, ne sont pas toujours en phase avec les objectifs à court terme en matière de développement économique et de pauvreté énergétique. Plusieurs approches de la décarbonation ont en effet vu le jour, chacune d'entre elles proposant un compromis différent. Certaines approches s'appuient sur des données concrètes et se concentrent sur les émissions actuelles et passées de portée 1 et 2. D'autres sont plus prospectives et s'appuient sur des estimations des émissions qui pourront être évitées à l'avenir.

Certaines approches permettent de minimiser l'empreinte carbone actuelle d'un portefeuille

De nombreuses approches «net zéro» et «alignées sur Paris» cherchent à minimiser l'intensité carbone moyenne pondérée (WACI) actuelle d'un portefeuille. Il s'agit d'une mesure des émissions de carbone par revenu en fonction de la répartition du portefeuille. L'intérêt d'une telle approche est que l'investisseur soutient les secteurs de l'économie qui ne sont pas de gros émetteurs de carbone aujourd'hui et peut dire qu'il fait sa part pour ne pas augmenter les émissions de carbone.

En règle générale, cela signifie qu'il faut filtrer les entreprises des secteurs à forte émission, ce qui pose des problèmes lorsqu'il s'agit d'appliquer cette approche à un portefeuille élargi. L'abandon des secteurs à forte intensité, comme les services publics, au profit des secteurs ayant le WACI le plus faible aujourd'hui, comme les entreprises technologiques, peut par exemple entraîner des erreurs de suivi, à moins qu'elles ne soient prises en compte. Les investisseurs devraient envisager une approche plus active à l'échelle du portefeuille, en recherchant les entreprises qui s'améliorent le plus dans *tous* les secteurs. Cette approche peut conduire à des réductions substantielles des émissions de carbone dans un portefeuille (et à des réductions crédibles des émissions dans l'économie réelle) tout en minimisant l'erreur de suivi.

Certains modèles d'alignement des températures «prêts à l'emploi» peuvent avoir un penchant sanguin dans leurs évaluations.

Une autre limite de l'approche basée sur le WACI est qu'il s'agit d'une mesure rétrospective qui se concentre sur les émissions de portée 1 et 2 de l'entreprise et qui peut ne pas être indicative de la trajectoire des futures émissions de carbone. Les investisseurs risquent donc de ne pas tenir compte des changements positifs opérés par les sociétés de portefeuille potentielles pour *réduire* les émissions aujourd'hui et à l'avenir. Si cette approche permet d'améliorer ponctuellement le profil carbone d'un portefeuille, il peut s'avérer difficile de démontrer une amélioration continue de l'indice WACI année après année.

Les investisseurs avisés doivent donc tenir compte des projections prospectives et évaluer la dynamique des émissions de carbone d'une entreprise pour tenir compte de ces limites. Autrement dit, ils doivent tenir compte de la trajectoire récente des émissions de carbone et évaluer les stratégies prospectives de réduction des entreprises. Les investisseurs devront par ailleurs surveiller activement et réévaluer périodiquement chaque nom de leur portefeuille pour s'assurer qu'ils réduisent toujours les émissions de carbone aujourd'hui et qu'ils sont sur la bonne voie pour demain, tout en minimisant les erreurs de suivi.

Une approche plus prospective de la décarbonation

Les investisseurs sont de plus en plus nombreux à reconnaître que minimiser les émissions de carbone dans leurs portefeuilles aujourd'hui peut aller à l'encontre de leurs objectifs ultimes, qui sont d'accélérer la mise en place d'une économie future à faible émission de carbone. Ces investisseurs cherchent plutôt à adopter une perspective à plus long terme en s'appuyant sur des technologies qui ont un fort potentiel de réduction des émissions de carbone à l'avenir. Parce qu'ils cherchent à maximiser la *réduction nette* des émissions de carbone à l'avenir, les investisseurs qui adoptent cette approche recherchent les entreprises qui ont le plus grand potentiel de réduction des émissions de carbone ou de déplacement des activités à forte intensité de carbone. Cette approche nécessite une stratégie active et une approche analytique granulaire qui évaluent la crédibilité et les progrès des engagements de décarbonation d'une entreprise en évaluant, par exemple, la trajectoire du WACI d'une entreprise au cours des dernières années ou en examinant à la fois la qualité et le volume de leurs investissements dans le déplacement des activités à forte intensité de carbone. Souvent, dans ces évaluations, on ne dispose pas de données de haute qualité et à jour. Pour mettre en œuvre ces stratégies, certains gestionnaires d'actifs utilisent une combinaison d'analyses qualitatives et quantitatives.

Pour les investisseurs à la recherche d'une approche prospective, un modèle aligné sur la température peut également être intéressant. Cette approche se concentre sur les émissions futures d'une entreprise par rapport à une référence dérivée de modèles scientifiques d'une voie optimale pour ce secteur. Un réchauffement de la planète de 2 degrés Celsius, par exemple, s'accompagne d'un maximum d'émissions de carbone à l'échelle mondiale au fil du temps. Ce total mondial des émissions autorisées est réparti entre les secteurs, puis subdivisé pour chaque entreprise au sein

d'un secteur, ce qui permet de créer un point de référence approximatif pour chaque entreprise. La trajectoire des émissions de carbone attendues d'une entreprise est ensuite comparée à l'indice de référence afin de déterminer si elle dépasse ou non ses «émissions autorisées». Il s'agit d'une autre méthode permettant aux investisseurs d'identifier les entreprises qui réussissent mieux que leurs pairs à réduire la trajectoire de leurs émissions de carbone. Cette approche présente l'avantage d'identifier des réductions d'émissions plus organiques en ne se détournant pas des industries brunes et en soutenant les entreprises qui évitent activement les émissions au rythme le plus rapide.

Les engagements de neutralité carbone pris par les pays et les États peuvent avoir une incidence sur les décisions d'investissement des producteurs et des distributeurs d'énergie.

Bien entendu, les investisseurs devront reconnaître certaines des lacunes de cette approche et des modèles couramment utilisés. Les modèles d'alignement des températures «prêts à l'emploi», par exemple, ne garantissent pas que les informations et les plans des entreprises correspondent à leurs résultats réels et peuvent donc avoir un biais optimiste dans leurs évaluations. Certains de ces modèles identifient près de la moitié des entreprises dans leur modèle d'alignement des températures comme étant sur la voie de la réalisation d'objectifs à long terme. Les investisseurs devraient chercher à mieux contrôler les entreprises individuelles en vérifiant de manière indépendante les informations qu'elles communiquent et les plans qu'elles mettent en œuvre. Cela peut signifier qu'il faut veiller à ce qu'il y ait des objectifs intermédiaires et incorporer des mesures supplémentaires pour évaluer la crédibilité de leurs engagements en matière de décarbonation. L'intégration de règles permettant de mesurer les progrès réels par rapport aux objectifs d'émissions est un moyen essentiel de valider les résultats d'une stratégie d'alignement des températures, et les DSI doivent également s'assurer que leurs gestionnaires d'actifs procèdent à ce type de validation active.

3. Suivre de près le paysage actuel des «mesures de carotte et de bâton» du gouvernement, ainsi que sa trajectoire.

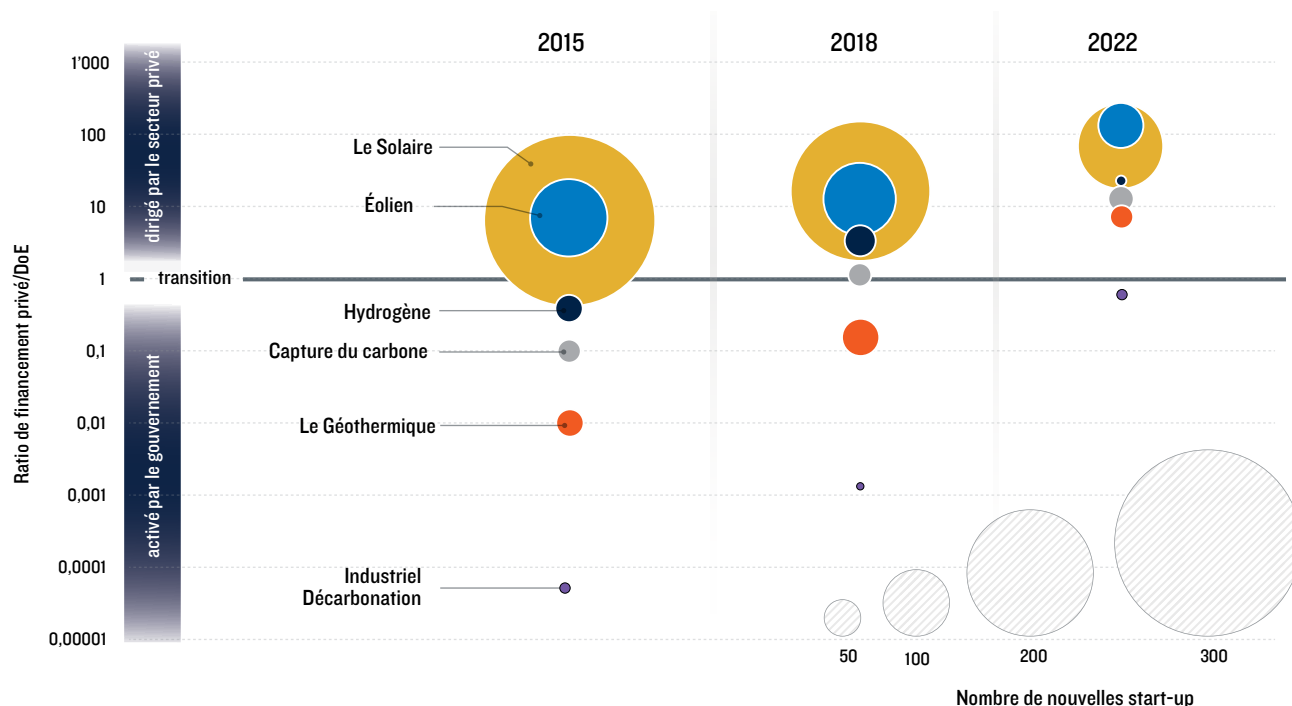
En raison de leur importance pour la sécurité nationale, les gouvernements jouent un rôle important dans le paysage énergétique dynamique. Compte tenu de l'imbrication entre les gouvernements et l'énergie, les investisseurs doivent non seulement être conscients de l'état actuel du paysage politique, mais aussi surveiller les développements géopolitiques et économiques qui influencent son évolution. En effet, l'implication des pouvoirs publics est une caractéristique de presque toutes les régions et a un impact sur les propositions de risque et de rendement des investissements énergétiques à presque tous les stades.

Les gouvernements, par exemple, financent souvent la recherche fondamentale à un stade précoce sur les sources d'énergie alternatives, comme l'énergie nucléaire, ce qui conduit à des percées qui trouvent leur place sur le marché.¹²¹ Même à un stade avancé du développement, les subventions gouvernementales et les restrictions à l'importation peuvent stimuler les industries critiques en soutenant les chaînes d'approvisionnement nationales pour les composants énergétiques essentiels, comme la fabrication de panneaux solaires.^{122, 123} Si ces subventions et droits de douane peuvent soutenir les industries énergétiques essentielles et attirer les premiers investisseurs, ils ne sont souvent pas permanents et les entreprises peuvent en devenir dépendantes. L'incertitude persistante quant à la trajectoire future des politiques de soutien peut être préjudiciable aux investisseurs à long terme.

Attirer les capitaux privés vers les technologies de nouvelle génération

Les investisseurs peuvent trouver intéressant d'investir aux côtés des gouvernements à différents stades de l'innovation. Le financement mixte et les partenariats public-privé occupent par exemple une place importante dans les marchés émergents tels que l'Inde, où ils permettent de réduire les risques liés aux projets d'énergie renouvelable, par exemple, et d'attirer des fonds privés.¹²⁴ Cela est particulièrement vrai dans les domaines où le rapport risque/récompense n'est pas forcément intéressant pour les investisseurs privés.

Illustration 18: L'implication des pouvoirs publics dans les technologies énergétiques innovantes peut attirer les investissements privés



Source: Département américain de l'énergie. Mars 2024.

Sur les marchés développés, l'implication des pouvoirs publics dans le financement des technologies innovantes à un stade précoce peut également attirer des capitaux privés. Une étude portant sur les investissements du ministère américain de l'Énergie dans les innovations en matière de technologies propres suggère que le financement public au cours des premières étapes de la capture du carbone et de la production d'hydrogène a effectivement conduit à des flux de capitaux privés plus importants au cours des années suivantes (Illustration 18).

Une autre étape clé au cours de laquelle la politique gouvernementale peut attirer des capitaux privés est celle où une technologie a été établie et où la production doit s'intensifier pour gagner en efficacité. Des initiatives gouvernementales sont actuellement en cours en Asie et en Amérique pour développer l'échelle et l'infrastructure autour de la production d'hydrogène. Le gouvernement australien met en œuvre une stratégie nationale pour l'hydrogène qui prévoit le financement direct de projets, ainsi que des programmes de soutien financier pour aider les projets à passer rapidement à l'échelle supérieure.¹²⁵ Certains plans sont très ambitieux. Un consortium d'entreprises énergétiques dirigé par BP, par exemple, prévoit de construire jusqu'à 1'700 éoliennes et 10 millions de panneaux solaires pour produire 26 GW d'énergie, soit l'équivalent d'un tiers des besoins actuels du réseau australien, afin de soutenir la production d'hydrogène vert.¹²⁶

L'État du Texas, qui est déjà l'un des plus grands producteurs d'énergie renouvelable au monde, a lancé Hydrogen City, un centre intégré de production, de stockage et de transport d'hydrogène vert situé dans le sud du Texas. Grâce au soutien supplémentaire du gouvernement fédéral, l'État suscite l'intérêt de géants industriels mondiaux pour des projets d'hydrogène vert.^{127, 128}

L'intérêt pour l'hydrogène en tant que source de carburant de la prochaine génération ne se limite pas non plus aux économies les plus développées. Le Chili, par exemple, a lancé une ambitieuse stratégie nationale pour l'hydrogène vert visant à promouvoir l'utilisation domestique dans les secteurs de l'exploitation minière et de l'industrie lourde. La stratégie soutenue par la Banque mondiale vise par ailleurs à faire du Chili un exportateur majeur de produits à base d'ammoniac vert et d'hydrogène vert.^{129, 130}

La politique gouvernementale soulève plusieurs risques particuliers pour les investisseurs dans le secteur de l'énergie

Le paysage changeant des mesures gouvernementales de «carotte et de bâton» peut modifier l'économie des grands projets d'infrastructure et ajouter à l'incertitude entourant les estimations de la demande et de l'offre à long terme. Pour les investisseurs, il est essentiel d'être attentif à cette

couche supplémentaire d'incertitude, en particulier pour la dette à long terme et les propriétaires d'infrastructures. Plus précisément, les investisseurs pourraient négliger plusieurs aspects de la politique.

Tout d'abord, les engagements de neutralité carbone pris par les pays et les États peuvent avoir une incidence sur les décisions d'investissement des producteurs et des distributeurs d'énergie. Duke Energy, par exemple, est le principal fournisseur et distributeur de l'État de Caroline du Nord. Ils ont l'obligation légale d'agir et d'adhérer aux engagements de réduction des émissions de carbone pris par le législateur de l'État.¹³¹ Cela influence leurs décisions concernant les nouvelles sources d'énergie et la production supplémentaire d'électricité.¹³²

Ensuite, la durée de vie des actifs renouvelables peut être plus longue que celle prévue par la politique actuelle. Autrement dit, au cours de la durée de vie de leur infrastructure, la politique gouvernementale peut changer radicalement. Ces changements peuvent modifier l'économie de leur projet et changer de manière significative la valeur de toute dette ou de tout capital associé à ce projet.

En outre, les difficultés rencontrées pour autoriser la construction de nouvelles centrales électriques ou de lignes de transport d'énergie peuvent servir de fossé pour les fournisseurs ou les distributeurs d'énergie. En revanche, à mesure que la réforme des permis se généralise, la taille du

fossé peut se réduire et de nouvelles infrastructures dotées de nouvelles technologies peuvent rendre les anciens projets obsolètes et non compétitifs sur le plan économique. Ces types de changements concernant les autorisations et l'offre peuvent également modifier radicalement les évaluations de la dette et des capitaux propres pour les infrastructures existantes.

Dans le pire des cas, des incitations gouvernementales à la production ou des crédits d'impôt mal placés peuvent exacerber les distorsions de prix, telles que la fixation de prix négatifs pendant les périodes de pointe de la demande et de l'offre.¹³³ Dans les marchés émergents comme le Mexique, les gouvernements protègent les intérêts des entreprises énergétiques publiques en empêchant les investissements privés dans la production d'énergie renouvelable.¹³⁴ Les investisseurs doivent examiner le rôle de la politique gouvernementale sur chaque marché et déterminer si elle soutient leur thèse d'investissement ou si elle constitue un vent contraire.

Enfin, pour les grands consommateurs d'énergie, l'évolution du paysage politique peut ajouter une nouvelle dimension de variabilité des coûts à leurs modèles économiques. Les fluctuations des prix de l'énergie qui peuvent résulter de changements même subtils dans la politique énergétique constituent une source supplémentaire de volatilité du coût des biens.

Conclusion

Les marchés de l'énergie sont à un tournant décisif: ils s'orientent vers les sources d'énergie renouvelable tout en dépendant des combustibles fossiles pour les années à venir. Cette transition offrira de nombreuses opportunités, des infrastructures renouvelables aux projets de GNL, mais aussi une multitude de risques, car les investisseurs devront se méfier des actifs échoués dans un contexte d'incertitude sur la voie d'un avenir moins pollué par le carbone.

Bien que la transition énergétique se déroulera à des rythmes différents selon les endroits, il est clair qu'elle est déjà en cours et qu'elle aura des conséquences importantes pour tous les investisseurs. Chez PGIM, nous pensons qu'il est essentiel que tous les investisseurs prennent en compte les nombreuses implications du futur système énergétique sur leur portefeuille et leurs parties prenantes (Illustration 19).

Illustration 19: Résumé des implications en matière d'investissement

Favoriser les énergies renouvelables et équilibrer leur infrastructure

1. Les possibilités de dette renouvelable au-delà de la production d'énergie éolienne et solaire	• Le financement par l'emprunt tend à être moins abondant que le financement par actions en Europe et aux États-Unis. Cela peut offrir des opportunités d'investissement intéressantes, en particulier des dettes de premier rang dans des projets matures avec des accords d'achat et des connexions au réseau en place. • Les investisseurs devraient envisager d'aller au-delà des projets de production d'énergie éolienne et solaire en Europe et aux États-Unis et d'envisager des projets hydroélectriques et géothermiques là où ils sont possibles.
2. Les générateurs d'électricité renouvelable de l'Inde offrent une opportunité intrigante	• L'incroyable croissance de la demande en Inde constitue un puissant moteur macroéconomique pour les entreprises de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable. • Les entreprises qui ont fait leurs preuves en matière d'exécution de projets et de flux de trésorerie provenant de la production existante peuvent être particulièrement intéressantes.
3. Les éoliennes offrent une proposition risque-retour différente	• Les éoliennes permettent d'investir dans les énergies renouvelables en limitant l'exposition aux projets énergétiques individuels et à la volatilité des prix de l'électricité. • Les leaders technologiques d'Europe et d'Amérique du Nord peuvent être particulièrement attractifs.
4. Miser sur la modernisation et l'extension du réseau	• Les fabricants de composants essentiels du réseau, notamment les onduleurs et les sous-stations, offrent une exposition à un segment du marché en croissance rapide. • En Amérique du Sud, les sociétés de transport offrent une exposition à un portefeuille de lignes de transport avec des capacités de transfert de coûts et des structures d'endettement attractives.
5. La nécessité d'un stockage de longue durée	• Le stockage de l'électricité à grande échelle peut atténuer les problèmes d'intermittence et constitue un élément essentiel de la transition énergétique. • L'hydroélectricité par pompage est intéressante en raison de son échelle, de sa maturité technologique et de sa capacité de répartition. Bien que les nouveaux projets soient très limités, les investisseurs devraient considérer les acteurs mondiaux qui disposent d'une marge de manœuvre pour accroître leur capacité.
6. Fournisseurs d'énergie verticalement intégrés	• Compte tenu de leur longue expérience en matière de construction et d'entretien d'infrastructures et de leur capacité à répercuter la hausse des coûts, les entreprises régionales de services publics ayant des capacités de production et de distribution d'électricité constituent un domaine d'investissement intéressant. • Certains grands fournisseurs d'énergie financent des segments de leurs actifs de production d'électricité sur les marchés du crédit privé. Les investisseurs en titres de créance peuvent trouver des occasions de s'exposer à des portefeuilles de projets arrivés à maturité.

Répondre à la demande actuelle avec des combustibles fossiles tout en réduisant les émissions de carbone

- | | |
|--|--|
| 1. Le gaz naturel remplace les combustibles à plus forte émission de carbone | <ul style="list-style-type: none">• Le gaz naturel peut jouer un rôle essentiel dans la transition énergétique en remplaçant le charbon thermique.• Aux États-Unis, les petits producteurs de gaz et les grands acteurs du GNL offrent un potentiel de croissance face à la montée en flèche de la demande mondiale.• La dette des exploitants régionaux de pipelines offre aux investisseurs une proposition de risque-rendement différente. |
| 2. Opportunités de financement par l'emprunt sur le marché intermédiaire | <ul style="list-style-type: none">• Avec le recul des banques, le financement par l'emprunt des producteurs d'énergie sur le marché intermédiaire s'est raréfié, ce qui a créé des opportunités de crédit privé.• Les investisseurs doivent rechercher des projets qui ont dépassé la phase exploratoire, car ils offrent des flux de trésorerie fiables et des garanties tangibles. |
| 3. Les grandes compagnies pétrolières et le rôle futur des opérateurs historiques | <ul style="list-style-type: none">• Même si les combustibles fossiles ont une durée de vie prolongée, les investisseurs doivent périodiquement prendre en compte le risque d'obsolescence dans leur exposition aux grandes compagnies pétrolières.• Les grandes sociétés pétrolières qui se tournent vers des sources d'énergie renouvelable et à faible teneur en carbone peuvent être moins exposées au risque d'obsolescence, même si elles n'ont pas bénéficié de valorisations plus élevées de la part des marchés.• Les compagnies pétrolières mondiales sont également des acteurs majeurs de la recherche dans le domaine des technologies vertes et des énergies propres. Elles figurent parmi les leaders en matière de brevets dans des domaines tels que les biocarburants et le piégeage du carbone. Certains d'entre eux pourraient être gagnants dans le nouveau paysage énergétique. |

Implications pour l'ensemble du portefeuille

- | | |
|--|---|
| 1. Établir des positions claires sur la décarbonation, les objectifs d'investissement et les échéances. | <ul style="list-style-type: none">• Pour les DSI, il est impératif de clarifier leurs objectifs de décarbonation avec les principales parties prenantes et d'aligner leur calendrier d'investissement sur la transition énergétique.• Des réponses définitives à quelques questions simples peuvent apporter des éclaircissements. |
| 2. Les investisseurs doivent envisager de multiples approches de la décarbonation | <ul style="list-style-type: none">• La réduction de l'empreinte carbone actuelle d'un portefeuille offre l'avantage de soutenir les entreprises actuelles à faibles émissions de carbone, mais nécessite également une évaluation des émissions futures.• Les investisseurs qui adoptent une perspective à plus long terme devraient s'intéresser aux entreprises qui ont le potentiel de réduire leurs propres émissions, ainsi qu'aux technologies qui ont un fort potentiel d'éviter les émissions de carbone à l'avenir. |
| 3. Suivre de près le paysage actuel et la trajectoire future de la politique gouvernementale | <ul style="list-style-type: none">• Les investisseurs doivent être conscients de l'évolution du paysage politique, car elle modifie les perspectives d'investissement dans chaque région.• La politique gouvernementale peut avoir un impact sur la proposition risque/rendement des investissements énergétiques à chaque stade de développement, depuis la recherche fondamentale jusqu'aux projets à grande échelle. |

STRATÉGIES DE PGIM EN MATIÈRE D'INVESTISSEMENT ÉNERGÉTIQUE

PGIM offre à ses clients des solutions diversifiées à l'échelle mondiale dans des catégories d'actifs publics et privés, y compris les titres à revenu fixe, les actions, l'immobilier, le crédit privé et d'autres solutions alternatives. Les fonds d'investissement et les stratégies qui s'intéressent de près au secteur de l'énergie sont les suivants:



Carbon Solutions

Carbon Solutions adopte une approche différenciée et complète de la décarbonation, basée sur l'alpha, avec un portefeuille concentré de 45 à 65 entreprises. Avec un univers mondial multisectoriel à capitalisation totale, la stratégie cherche à investir dans un large éventail d'entreprises, en particulier celles dont la contribution à la décarbonation et la croissance future probable sont sous-estimées.



Global Infrastructure

Une construction de portefeuille globale, diversifiée et flexible, conçue pour offrir un potentiel de hausse plus élevé que les stratégies d'infrastructure plus défensives, tout en atténuant les risques de baisse. Jennison Associates a été un pionnier de l'investissement dans les services publics, gérant l'une des plus grandes stratégies de services publics aux États-Unis depuis les années 1990.



Global Natural Resources

Cette stratégie s'appuie sur une analyse descendante combinée à une recherche fondamentale ascendante pour découvrir les entreprises capables d'assurer une croissance organique des réserves et de la production, de contrôler les coûts et de fournir la technologie et l'infrastructure nécessaires à la recherche de réserves et au processus de production final.



Mid-Market Energy

PGIM Private Capital gère des stratégies axées sur les infrastructures pour des investisseurs institutionnels, en investissant dans des titres mezzanine de sociétés énergétiques du marché intermédiaire. Les stratégies investissent dans la dette privée de première qualité de sociétés impliquées dans les énergies renouvelables, la production et la transmission d'électricité, les transports (aéroports, routes à péage, ponts) et une série d'autres actifs réels.



Real Estate – Data Centers

En 2023, PGIM Real Estate a lancé sa stratégie sur les centres de données, en investissant principalement dans des centres de données mondiaux de grande envergure dans le monde entier. PGIM Real Estate a investi dans des centres de données d'une valeur totale de plus de 900 millions de dollars, dans le cadre de partenariats avec des opérateurs de centres de données de premier plan, dont Equinix.



Utility Equity

Une stratégie qui cherche à obtenir un rendement total comprenant une appréciation du capital et un revenu courant en investissant dans les services publics et les sociétés liées aux services publics. Cette stratégie s'appuie sur les besoins croissants en énergie.

Réservé aux investisseurs professionnels. Tous les investissements comportent des risques, y compris la perte éventuelle du capital. Les performances passées ne sont pas indicatives des résultats futurs. Toutes les stratégies ne sont pas disponibles dans toutes les juridictions et/ou pour tous les clients actuels et potentiels.

ANNEXE

A.1: Les plus grands producteurs et consommateurs de combustibles fossiles au monde

Part des cinq plus grands producteurs et consommateurs de combustibles fossiles dans le monde (2022)

Pétrole - Top 5

Production		
	Pays	Pourcentage
1	États-Unis	18,9%
2	Arabie saoudite	12,9%
3	Fédération de Russie	11,9%
4	Canada	5,9%
5	Irak	4,8%

Consommation		
	Pays	Pourcentage
1	États-Unis	19,7%
2	Chine	14,7%
3	Inde	5,3%
4	Arabie saoudite	4,0%
5	Fédération de Russie	3,7%

Gaz - Top 5

Production		
	Pays	Pourcentage
1	États-Unis	29,8%
2	Fédération de Russie	15,3%
3	Iran	6,4%
4	Chine	5,5%
5	Canada	4,6%

Consommation		
	Pays	Pourcentage
1	États-Unis	22,4%
2	Fédération de Russie	10,4%
3	Iran	9,5%
4	Chine	5,8%
5	Canada	3,1%

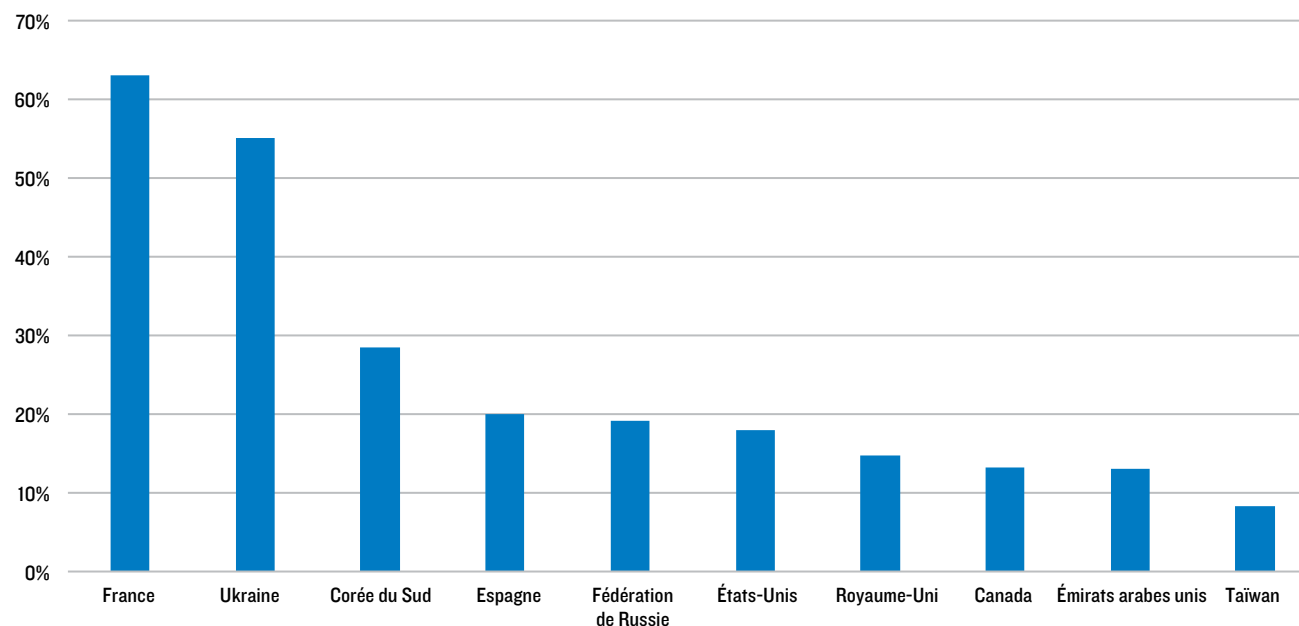
Charbon - Top 5

Production		
	Pays	Pourcentage
1	Chine	52,8%
2	Inde	8,6%
3	Indonésie	8,0%
4	États-Unis	6,9%
5	Australie	6,6%

Consommation		
	Pays	Pourcentage
1	Chine	54,8%
2	Inde	12,4%
3	Indonésie	6,1%
4	États-Unis	3,0%
5	Australie	2,7%

A.2: Part de l'énergie nucléaire dans le total de l'électricité

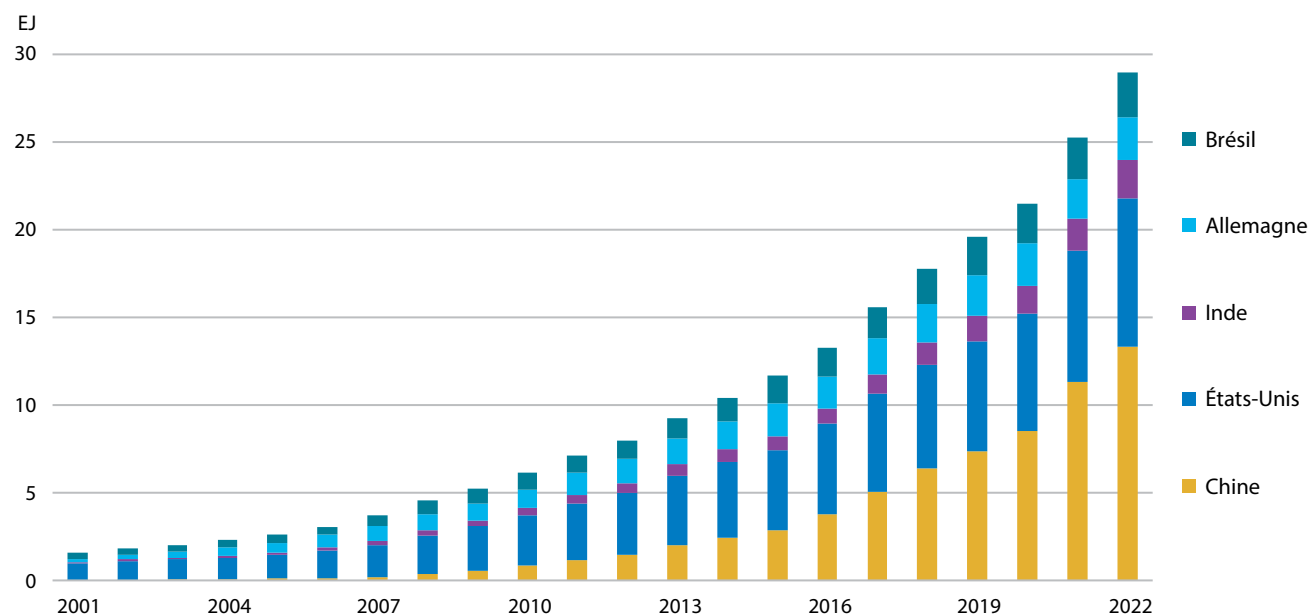
Dix pays avec la plus grande part en 2022



Source: Institut de l'énergie, Revue statistique 2023.

A.3: Consommation mondiale d'énergie provenant des énergies renouvelables

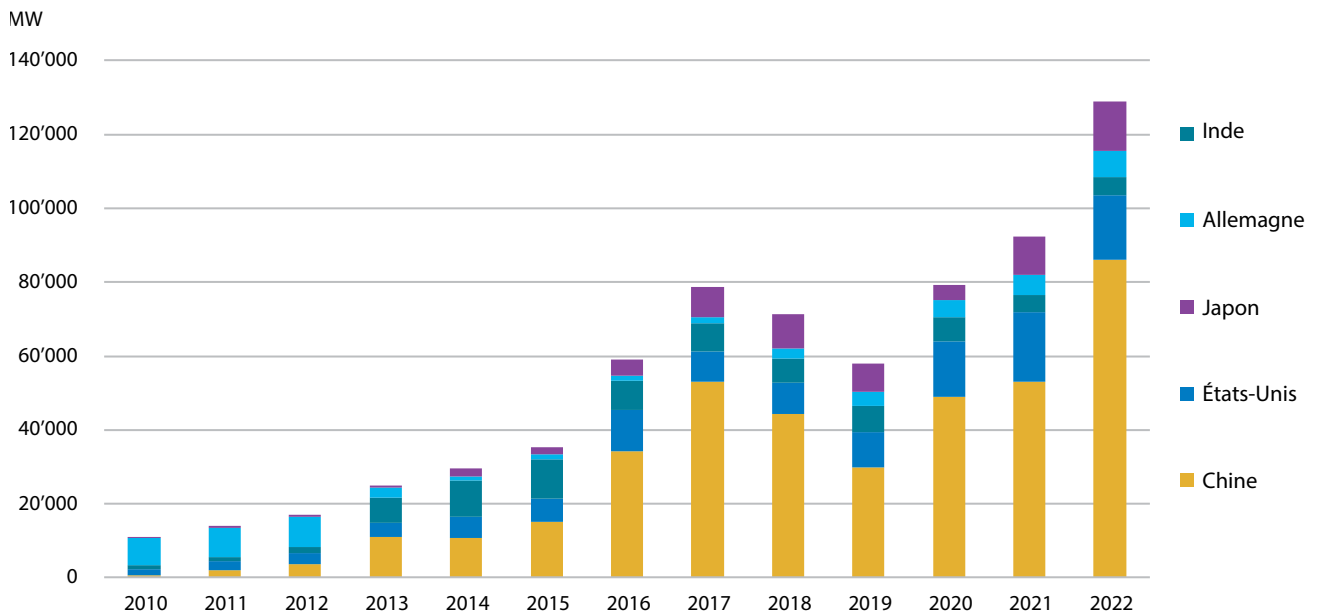
Les cinq plus grands consommateurs d'énergie renouvelable en 2022, Exajoules



Source: Institut de l'énergie, Revue statistique 2023.

A.4: Augmentation annuelle des capacités solaires

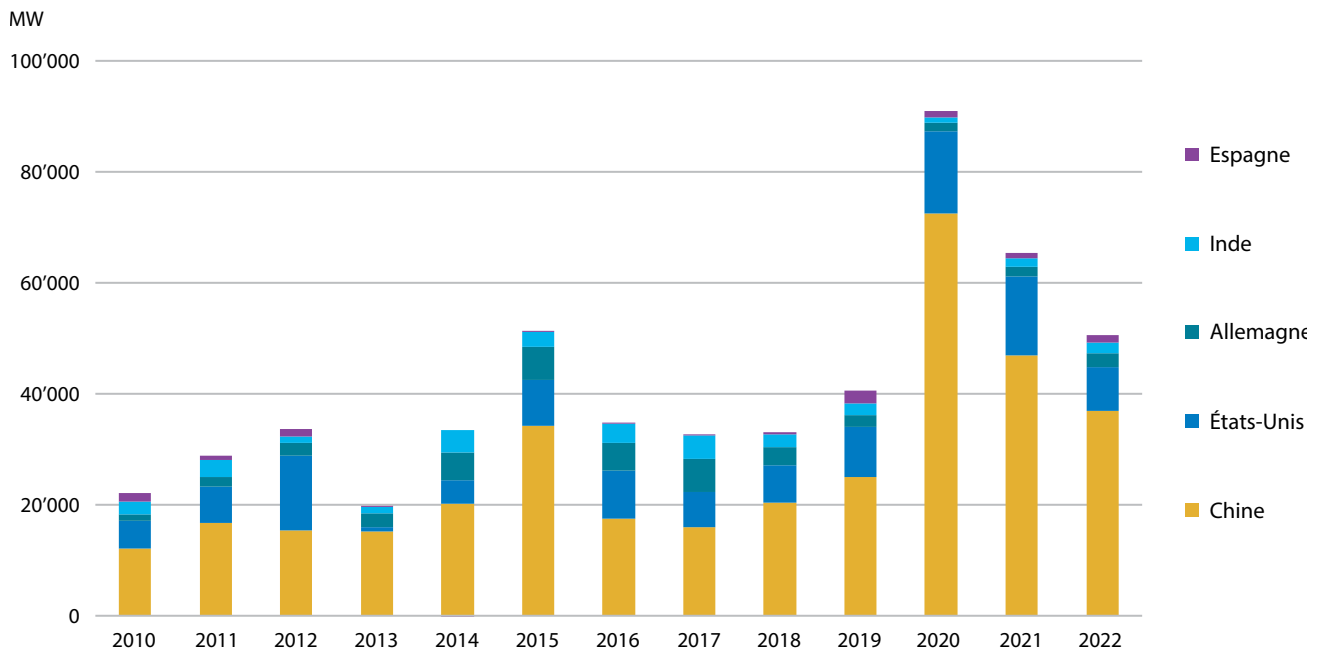
Cinq pays avec les plus grandes augmentations en 2022, Megawatt



Source: Institut de l'énergie, Revue statistique 2023.

A.5: Augmentation annuelle des capacités éoliennes

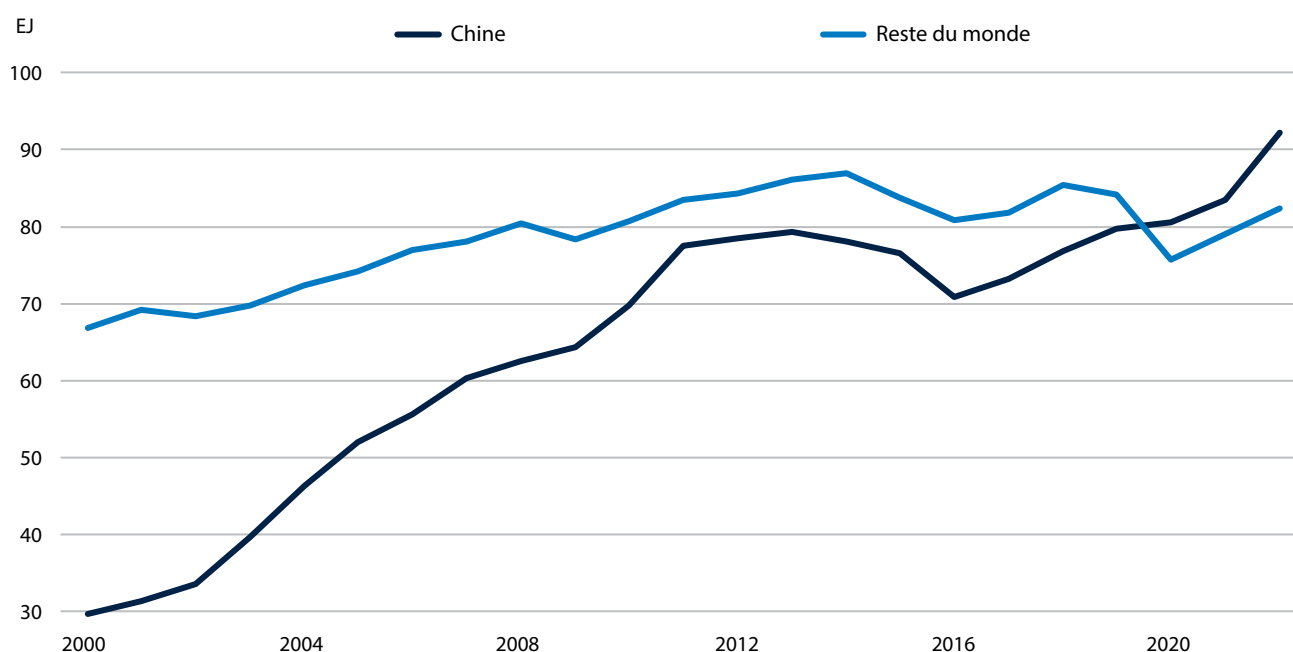
Cinq pays avec les plus grandes augmentations en 2022, Megawatt



Source: Institut de l'énergie, Revue statistique 2023.

A.6: Production annuelle de charbon

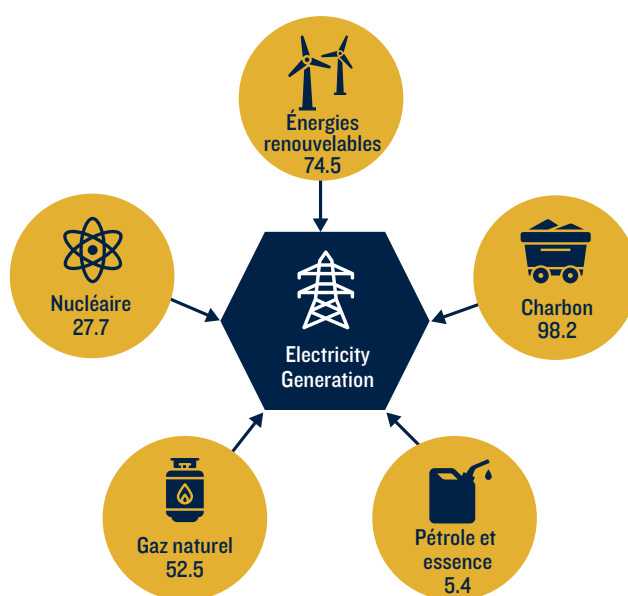
Production totale de charbon des cinq plus grands producteurs et du reste du monde, Exajoules



Source: Institut de l'énergie, Revue statistique 2023.

A.7: Production d'électricité

Sources d'énergie primaire utilisées pour l'électricité, en quadrillions d'unités thermiques britanniques (2022)



REMERCIEMENTS

Le PGIM remercie les personnes suivantes pour leur contribution:

Dr Vanessa Chan, Chief Commercialization Officer, Département américain de l'énergie

Ryan Dalton, associé, Warburg Pincus

Eric Danzinger, directeur général, transition énergétique, Riverband Energy Group

Samantha Gross, directrice de l'initiative sur la sécurité énergétique et le climat, Brookings Institution

Stephen Hendrickson, directeur, Office of Technology Transitions, ministère américain de l'Énergie

Jeff Luse, associé, Warburg Pincus

Tony Morriss, directeur principal, stratégie thématique, Australian Super

Bruce Sassi, président-directeur général, Nuclear Energy Insurance Ltd

Katheryn Scott, ingénieure, Office of Technology Transitions, U.S. Department of Energy

Travis Skelly, associé, PruVen

Scott Tinker, Directeur, Bureau de géologie économique, Jackson School of Geosciences, Université du Texas

Contributeurs PGIM

Raimondo Amabile, PGIM Real Estate

Alyssa Braun, PGIM Fixed Income

Matt Baker, PGIM Private Capital

Neil Brown, Jennison Associates

Wendy Carlson, PGIM Private Capital

Armelle DeVienne, PGIM Fixed Income

Omari Douglas-Hall, PGIM Fixed Income

Bobby Edemeka, Jennison Associates

Jim Footh, PGIM Real Estate

Elizabeth Gunning, PGIM Fixed Income

Callie Hamilton, PGIM Private Capital

Peter Hayes, PGIM Real Estate

Deb Hemsey, PGIM Private Capital

Matthew Huen, PGIM Real Estate

Eugenia Jackson, PGIM

Darren Ku, PGIM Fixed Income

David Klausner, PGIM Fixed Income

Albert Kwok, Jennison Associates

James Malone, PGIM Fixed Income

Sara Moreno, Jennison Associates

Mark Negus, PGIM Real Estate

Michael Pettit, PGIM Fixed Income

John Ploeg, PGIM Fixed Income

Tom Porcelli, PGIM Fixed Income

Jay Saunders, Jennison Associates

Dr Gavin Smith, PQS

Naqash Tahir, PGIM Real Estate

Brian Thomas, PGIM Private Capital

Dr Noah Weisberger, IAS

David Winans, PGIM Fixed Income

Auteurs principaux

Shehriyar Antia, Recherche thématique PGIM

Dr Taimur Hyat, PGIM

Jakob Wilhelmus, Recherche thématique PGIM

NOTES DE FIN

- 1 Rhodes, Richard, «Énergie: A Human History», 29 mai 2018. <https://www.simonandschuster.com/books/Energy/Richard-Rhodes/9781501105364>
- 2 Guénette, Justin-Damien et Jeetendra, Khadan, «The energy shock could sap global growth for years», 22 juin 2022. <https://blogs.worldbank.org/developmenttalk/energy-shock-could-sap-global-growth-years>
- 3 Chow, Emily et Yuka, Obayashi, «Wary of 2022 crisis, Asian buyers to build strategic gas reserves», Reuters, 20 juillet 2023. <https://www.reuters.com/business/energy/wary-2022-crisis-asian-buyers-build-strategic-gas-reserves-2023-07-20/>
- 4 Eckert, Vera et Sims, Tom, «energy crisis fuels coal comeback in Germany», 16 décembre 2022. <https://www.reuters.com/markets/commodities/energy-crisis-fuels-coal-comeback-germany-2022-12-16/>
- 5 Jacob, Charmaine, «Coal free by 2070? India's push toward renewables won't stop coal reliance for the next two decades», 2 novembre 2023. <https://www.cnbc.com/2023/11/03/india-push-toward-renewables-will-not-stop-coal-reliance-for-20-years.html>
- 6 Palfreman, Jon, «Why the French Like Nuclear Energy», consulté le 27 mars 2024. <https://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/reaction/readings/french.html>
- 7 Katwala, Amit, «The World Can't Wean Itself Off Chinese Lithium», 20 juin 2022. <https://www.wired.com/story/china-lithium-mining-production/>
- 8 Wood Mackenzie, «China to hold over 80% of global solar manufacturing capacity from 2023-26», 7 novembre 2023. <https://www.woodmac.com/press-releases/china-dominance-on-global-solar-supply-chain/>
- 9 Frost, Natasha, «Australia Tries to Break Its Dependence on China for Lithium Mining», NY Times, 23 mai 2023. <https://www.nytimes.com/2023/05/23/business/australia-lithium-refining.html>
- 10 Katwala, Amit, «The World Can't Wean Itself Off Chinese Lithium», 20 juin 2022. <https://www.wired.com/story/china-lithium-mining-production/>
- 11 Singh, Rajesh, «India to Resume Curbs on Solar Imports to Boost Local Producers», Bloomberg, 30 mars 2024. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-03-30/india-brings-back-curbs-on-solar-panel-imports-to-boost-locals>
- 12 Lu, Marcus, «Ranked: Electric Vehicle Sales by Model in 2024», 1er décembre 2023. <https://www.visualcapitalist.com/electric-vehicle-sales-by-model-2023/>
- 13 Alvarez, Simon, «Volkswagen cites «strong customer reluctance» amid low EV sales», 4 juillet 2023. <https://www.teslarati.com/volkswagen-strong-customer-reluctance-low-ev-sales>
- 14 Trudell, Craig, «GM, Ford and Tesla Contribute to Setback in EV Sales Growth», 15 décembre 2023. <https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2023-12-15/electric-vehicle-sales-outlook-2024-less-bright-due-to-gm-ford-tesla>
- 15 Takahashi, Nicholas, «Toyota Chairman Predicts Battery Electric Cars Will Only Reach 30% Share», 23 janvier 2024. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-01-23/toyota-chairman-predicts-battery-electric-cars-will-only-reach-30-share>
- 16 Crownhart, Casey, «How green steel made with electricity could clean up a dirty industry», 28 juin 2022. <https://www.technologyreview.com/2022/06/28/1055027/green-steel-electricity-boston-metal/>
- 17 Département américain de l'énergie, «The Pathway To: Long Duration Energy Storage Commercial Liftoff», consulté le 27 mars 2024. <https://liftoff.energy.gov/long-duration-energy-storage/>
- 18 Truby, Johannes Dr. et al, «Financing the green energy transition», consulté le 27 mars 2024. <https://www.deloitte.com/global/en/issues/climate/financing-the-green-energy-transition.html>
- 19 Abnett, Kate, «Europe's grids become green power growth bottleneck, industry warns», 16 novembre 2023. <https://www.reuters.com/business/energy/europes-grids-become-green-power-growth-bottleneck-industry-warns-2023-11-16/>
- 20 Park, Han-Shin, «Korea rejects BlackRock's \$7.5 bn wind farm project», 30 janvier 2024. <https://www.kedglobal.com/energy/newsView/ked202401300014>
- 21 Mme Plumer, Brad, «The US Has Billions for Wind and Solar Projects. Good Luck Plugging Them In», New York Times, 23 février 2023. <https://www.nytimes.com/2023/02/23/climate/renewable-energy-us-electrical-grid.html>
- 22 Stallard, Esme et Rowlatt, Justin, «Renewable Energy Projects Worth Billions Stuck on Hold», BBC, 10 mai 2023. <https://www.bbc.com/news/science-environment-65500339>
- 23 «Average Lead Times to Build New Electricity Grid Assets in Europe and the United States, 2010-21», AIE, 12 janvier 2023. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/average-lead-times-to-build-new-electricity-grid-assets-in-europe-and-the-united-states-2010-2021>
- 24 «Despite a Growing Global Consensus, Obstacles to Reducing Net Carbon Emissions to Zero Are Stark», FMI, consulté le 27 mars 2024. <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2022/12/bumps-in-the-energy-transition-yergin>
- 25 «Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050», IRENA, 2019 édition, consulté le 27 mars 2024. <https://www.irena.org/apps/DigitalArticles/-/media/652AE07BBAC407ABD1D45F6BBA8494B.ashx>

- 26 «Massive Expansion of Renewable Power Opens Door to Achieving Global Tripling Goal Set at COP28», IEA, 11 janvier 2024. <https://www.iea.org/news/massive-expansion-of-renewable-power-opens-door-to-achieving-global-tripling-goal-set-at-cop28>
- 27 «Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector», Département américain de l'énergie, consulté le 27 mars 2024. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-12/IEA%2C%20Net%20Zero%20by%202050.pdf>
- 28 International Trade Administration, «Renewable Energy», 12 janvier 2024. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/india-renewable-energy>
- 29 «Electricity 2024 – Analysis and Forecast to 2026», IEA. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/6b2fd954-2017-408e-bf08-952fdd62118a/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>
- 30 «Electricity Consumption Worldwide in 2022, by Leading Country», Statista, 19 février 2024. <https://www.statista.com/statistics/267081/electricity-consumption-in-selected-countries-worldwide/>
- 31 «Electricity 2024 – Analysis and Forecast to 2026», IEA. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/6b2fd954-2017-408e-bf08-952fdd62118a/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>
- 32 Foy, Kylie, «AI models are devouring energy. Tools to reduce consumption are here, if data centers will adopt», MIT Lincoln Laboratory, 22 septembre 2023. <https://www.ll.mit.edu/news/ai-models-are-devouring-energy-tools-reduce-consumption-are-here-if-data-centers-will-adopt>.
- 33 Jones, Nicola, «How to stop the data centers from gobbling the world's electricity», Nature, 12 septembre 2018. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06610-y>
- 34 St. John, Jeff, «Suddenly, US Electricity Demand Is Spiking. Can the Grid Keep Up?», Canary Media, 20 décembre 2023. <https://www.canarymedia.com/articles/transmission/suddenly-us-electricity-demand-is-spiking-can-the-grid-keep-up>
- 35 Wilson, John D. et Zimmerman, Zack, «The Era of Flat Power Demand Is Over», Grid Strategies, décembre 2023. <https://gridstrategiesllc.com/wp-content/uploads/2023/12/National-Load-Growth-Report-2023.pdf>
- 36 Loten, Angus, «Rising Data Center Costs Linked to AI Demands», 13 juillet 2023. <https://www.wsj.com/articles/rising-data-center-costs-linked-to-ai-demands-fc6adc0e>
- 37 «Equinix to Install Largest Deployment of Fuel Cells for the Colocation Data Center Industry», Bloom Energy, 16 août 2017. <https://www.bloomenergy.com/news/equinix-to-install-largest-deployment-of-fuel-cells-for-the-colocation-data-center-industry/>
- 38 «ECL Introduces World's First Fully-Green, Hydrogen-Powered, Off-Grid Data Center-as-a-Service with 99.9999 Percent Uptime at Significantly Lower Cost Than Traditional Colocation Data Centers», Business Wire, 24 janvier 2023. <https://www.businesswire.com/news/home/20230124005492/en/ECL-Introduces-World%E2%80%99s-First-Fully-Green-Hydrogen-Powered-Off-Grid-Data-Center-as-a-Service-with-99.9999-Percent-Uptime-at-Significantly-Lower-Cost-Than-Traditional-Colocation-Data-Centers>
- 39 «Singapore Data Center to Expand Capacity with Bloom Energy Fuel Cells», Bloom Energy, 6 septembre 2023. <https://newsroom.bloomenergy.com/blog/singapore-data-center-to-expand-capacity-with-bloom-energy-fuel-cells>
- 40 Swinhoe, Dan, «AWS Acquires Talen's Nuclear Data Center Campus in Pennsylvania», Data Centre Dynamics, 4 mars 2024. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/aws-acquires-talens-nuclear-data-center-campus-in-pennsylvania/>
- 41 Proctor, Darrell, «Hydrogen Production, SMRs Touted for Virginia Data Center Hub», 20 août 2023. <https://www.powermag.com/hydrogen-production-smrs-touted-for-virginia-data-center-hub>
- 42 «Glossary of Terms Used in NERC Reliability Standards», NERC, mis à jour le 1er décembre 2023. https://www.nerc.com/pa/Stand/Glossary%20of%20Terms/Glossary_of_Terms.pdf
- 43 Milligan, Michael et al., «Marginal Cost Pricing in a World without Perfect Competition: Implications for Electricity Markets with High Shares of Low Marginal Cost Resources», Rapport technique, décembre 2017. <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/69076.pdf>
- 44 «Maintaining Reliability in the Modern Power System», Département américain de l'énergie, décembre 2016. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/Maintaining%20Reliability%20in%20the%20Modern%20Power%20System.pdf>
- 45 Borenstien, Severin & Kellogg, Ryan, «Challenges of a Clean Energy Transition and Implications for Energy Infrastructure Policy», décembre 2021. <https://www.economicstrategygroup.org/wp-content/uploads/2021/11/7-Borenstein-Kellogg.pdf>
- 46 «Our Work Areas Energy Access», Programme de développement des Nations Unies. <https://www.undp.org/energy/our-work-areas/energy-access>
- 47 Ebrahim, Zofeen T., «Pakistan in uproar as protests over soaring energy prices turn violent», 2 septembre 2023. <https://www.theguardian.com/global-development/2023/sep/05/pakistan-uproar-violent-protests-soaring-fuel-electricity-prices>
- 48 Savage, Susannah, «Protests over food and fuel surged in 2022 — the biggest were in Europe», 17 janvier 2023. <https://www.politico.eu/article/energy-crisis-food-and-fuel-protests-surged-in-2022-the-biggest-were-in-europe/>
- 49 Wanna, Carly, «Replacing US Coal Plants With Solar and Wind Is Cheaper Than Running Them», 30 janvier 2023. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-01-30/new-us-solar-and-wind-cost-less-than-keeping-coal-power-running>
- 50 Witze, Alexandra, «Earth boiled in 2023 — will it happen again in 2024?», 12 janvier 2024. <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00074-z>
- 51 «2023 was the World's Warmest Year on Record, by Far», NOAA, 12 janvier 2024. <https://www.noaa.gov/news/2023-was-worlds-warmest-year-on-record-by-far> année la plus chaude jamais enregistrée, de loin», 12 janvier 2024. <https://www.noaa.gov/news/2023-was-worlds-warmest-year-on-record-by-far>
- 52 «The Causes of Climate Change», NASA, consulté le 27 mars 2024. <https://climate.nasa.gov/causes/>

- 53 Megatrends de PGIM, «Weathering Climate Change: Opportunities and risks in an altered landscape», Consulté le 27 mars 2024. <https://www.pgim.com/megatrends/climate-change>
- 54 «Weathering Climate Change: Opportunities and Risks in an Altered Landscape», PGIM Megatrends», Consulté le 27 mars 2024. <https://www.pgim.com/megatrends/climate-change>
- 55 Nations Unies, «For a liveable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action», consulté le 27 mars 2024. Coalition zéro émission nette | Nations Unies
- 56 «Statistical Review of World Energy», Energy Institute. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- 57 Jopson, Barney, «The Problem with Europe's Ageing Wind Farms», Financial Times, 22 février 2024. <https://www.ft.com/content/7f742d23-673b-47d3-9ce9-64fa5d322abee>
- 58 Parker, Halle, «Few bid after U.S. opens first-ever offshore wind leases in the Gulf of Mexico off Louisiana, Texas coasts», 29 août 2023. <https://www.wwno.org/coastal-desk/2023-08-29/u-s-opens-first-ever-offshore-wind-leases-in-the-gulf-of-mexico-off-louisiana-texas-coasts>
- 59 Wasser, Miriam, «Offshore wind in the U.S. hit headwinds in 2023. Here's what you need to know», 27 décembre 2023. <https://www.npr.org/2023/12/27/1221639019/offshore-wind-in-the-u-s-hit-headwinds-in-2023-heres-what-you-need-to-know>
- 60 Novik, Mari, «Wind Industry in Crisis as Problems Mount», Wall Street Journal, mis à jour le 7 août 2023. <https://www.wsj.com/articles/wind-industry-hits-rough-seas-as-problems-mount-5490403a>
- 61 Yakubu, Osman, «Electricity theft: Analysis of the underlying contributory factors in Ghana» <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421518306232>
- 62 Iyer, Sairaj, «Technology vs the \$16 billion hole», 14 février 2023. <https://www.sify.com/technology/technology-vs-the-16-billion-hole/>
- 63 «Mineral requirements for clean energy transitions», AIE, consulté le 15 mars 2024. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/mineral-requirements-for-clean-energy-transitions>
- 64 Fernyhough, James, «Rio Tinto Digs Deep as Prized \$7 Billion Copper Mine Finally Delivers», Bloomberg, 12 mars 2023. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-03-13/rio-tinto-digs-deep-as-7-billion-copper-mine-finally-delivers>
- 65 Li, Ying, «Copper Miners Enjoy High Profits, but Development Capital Expenditure Lag», S&P Global, 26 avril 2023. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/research/copper-miners-enjoy-high-profits-but-development-capital-expenditure-lag>
- 66 Skidmore, Zachary, «Fragmentation of the copper supply chain», 20 mai 2022. <https://www.mining-technology.com/features/copper-supply-chain-fragmentation/?cf-view>
- 67 Fernyhough, James, «Copper Mine Flashes Warning of 'Huge Crisis' for World Supply», 2 mai 2023. <https://www.bloomberg.com/news/features/2023-05-02/copper-faces-troubled-future-as-renewable-energy-causes-demand-to-surge>
- 68 Bob Woods, «Copper is critical to energy transition. The world is falling way behind on producing enough», 27 septembre 2023. <https://www.cnn.com/2023/09/27/copper-is-critical-to-climate-the-world-is-way-behind-on-production.html>
- 69 «IEA Warns of Insufficient Transmission Lines Worldwide to Connect Renewables to the Grid», IER, 20 octobre 2023. <https://www.instituteeforenergyresearch.org/international-issues/iea-warns-of-insufficient-transmission-lines-worldwide-to-connect-renewables-to-the-grid/>
- 70 «Global Installed Grid-Scale Battery Storage Capacity in the Net Zero Scenario, 2015-2030», IEA, 10 juillet 2023. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-installed-grid-scale-battery-storage-capacity-in-the-net-zero-scenario-2015-2030>
- 71 «The Pathway To: Long Duration Energy Storage Commercial Liftoff», US Department of Energy, consulté le 27 mars 2024. <https://liftoff.energy.gov/long-duration-energy-storage/>
- 72 «Net-Zero Power: Long-Duration Energy Storage for a Renewable Grid», McKinsey Sustainability <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/net-zero-power-long-duration-energy-storage-for-a-renewable-grid>
- 73 «The Pathway To: Long Duration Energy Storage Commercial Liftoff», US Department of Energy, consulté le 27 mars 2024. <https://liftoff.energy.gov/long-duration-energy-storage/>
- 74 McWilliams, Mike, «6.08 – Pumped Storage Hydropower», Volume 6, 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128197271000790>
- 75 «Pumped-Storage Hydropower Plants: Do You Know What Pumped-Storage Hydropower Stations Are Used For?» Iberdrola, consulté le 27 mars 2024. <https://www.iberdrola.com/sustainability/pumped-storage-hydropower>
- 76 Jopson, Barney, «Can 'Water Batteries' Solve the Battery Storage Conundrum?» Financial Times, 9 janvier 2024. <https://www.ft.com/content/5f0c2623-dfd4-4542-8d94-8bf1dfefcec7>
- 77 «LNG Outlook 2024», Shell, mars 2024. https://www.shell.com/what-we-do/oil-and-natural-gas/liquefied-natural-gas-lng/lng-outlook-2024/_jcr_content/root/main/section_125126292/promo_copy_copy_copy/links/item0.stream/1709628426006/3a2c1744d8d21d83a1d4bd4e6102dff7c08045f7/master-lng-outlook-2024-march-final.pdf
- 78 «Energy Policies of IEA Countries», IEA, United States 2019 Review, consulté le 27 mars 2024. https://iea.blob.core.windows.net/assets/7c65c270-ba15-466a-b50d-1c5cd19e359c/United_States_2019_Review.pdf
- 79 «After Peak in Mature Markets, Global Gas Demand Is Set for Slower Growth in Coming Years», AIE, 10 octobre 2023. <https://www.iea.org/news/after-peak-in-mature-markets-global-gas-demand-is-set-for-slower-growth-in-coming-years>
- 80 Gupte, Eklavya et al., «COP28: Fifty oil and gas companies sign net-zero, methane pledges», S&P Global, 2 décembre 2023. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/120223-cop28-fifty-oil-and-gas-companies-sign-net-zero-methane-pledges>

- 81 «BNP Paribas: Ne financera plus le développement de nouveaux gisements de pétrole et de gaz», Reuters, 11 mai 2023. <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/bnp-paribas-will-no-longer-provide-financing-development-new-oil-gas-fields-2023-05-11/>
- 82 Johnston, Ian, «Oil and Gas Firms Face Virtually No Extra Borrowing Costs, S&P Finds», Financial Times, 17 novembre 2023. <https://www.ft.com/content/830e3ae6-0c3c-4da9-87e7-4ff72aa3e249>
- 83 Halbout, Jérôme, «Financing of Energy Investment», Palgrave Handbook of International Energy Economics, 28 mai 2022. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-86884-0_17
- 84 Bindman, Polly, «How oil majors penetrated the EV charging market», Energy Monitor, 8 novembre 2023. <https://www.energymonitor.ai/tech/networks-grids/how-oil-majors-penetrated-the-ev-charging-market/>
- 85 Bousso, Ron, «Energy giants' LNG trading results reveal diverging regional bets», Reuters, 6 novembre 2023. <https://www.reuters.com/business/energy/energy-giants-lng-trading-results-reveal-diverging-regional-bets-2023-11-03/>
- 86 Soudani, Amine, «TotalEnergies, the Leading Exporter of U.S. LNG», consulté le 27 mars 2024. <https://corporate.totalenergies.us/totalenergies-largest-exporter-us-lng>
- 87 Bousso, Ron, «Shell's LNG Trading Makes \$2.4B in Final 2023 Quarter, Sources Say», Reuters, 23 février 2024. <https://www.reuters.com/business/energy/shells-lng-trading-makes-24-bln-final-2023-quarter-sources-say-2024-02-23/>
- 88 Ibid.
- 89 Swint, Brian, «BP and Shell Are Worth Less Than Exxon and Chevron. Here's Why», Barron's, 23 février 2024. <https://www.barrons.com/articles/bp-shell-valuations-8545e2b2>
- 90 Swint, Brian, «BP and Shell vs. Exxon and Chevron: The Mystery of Big Oil's P/E Gap», Barron's, 6 janvier 2023. <https://www.barrons.com/articles/bp-and-shell-vs-exxon-and-chevron-the-mystery-of-big-oils-p-e-gap-51673052237>
- 91 Cohen, Lauren et al., «The ES-Innovation Disconnect: Evidence from Green Patenting», février 2024. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w27990/w27990.pdf
- 92 Hulbert, Mark, «ESG Investing: Surprising Companies at the Forefront of Green Innovation», Investor's Business Daily, 27 octobre 2023. <https://www.investors.com/news/esg-investing-surprising-companies-at-forefront-of-green-tech-innovation/>
- 93 Molloy, Patrick, «Run on Less with Hydrogen Fuel Cells», ACT News, 25 septembre 2019. <https://www.act-news.com/news/fcevs-run-on-less/>
- 94 «Hydrogen Benefits and Considerations», Département américain de l'énergie, consulté le 27 mars 2024. https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_benefits.html
- 95 Barbarino, Matteo, «What Is Nuclear Fusion?» IAEA, le 3 août 2023. <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-fusion>
- 96 «Press Conference: Secretary Granholm & DOE leaders Announced Fusion Breakthrough by DOE National Lab», Département américain de l'énergie, 13 décembre 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=K2ktAL4rGuY>
- 97 Bill, Philip, «What Is the Future of Fusion Energy?» Scientific American, 1er juin 2023. <https://www.scientificamerican.com/article/what-is-the-future-of-fusion-energy/>
- 98 Novak, Stanislav et Podest, Milan, «Nuclear Power Plant Ageing and Life Extension: Safety Aspects», IAEA, avril 1987. <https://www.iaea.org/sites/default/files/29402043133.pdf>
- 99 «EEDF Eyes Flamanville EPR Nuclear Reactor Fuel Loading in March», Reuters, 21 décembre 2023. <https://www.reuters.com/business/energy/edf-eyes-flamanville-epr-nuclear-reactor-fuel-loading-march-2023-12-21/>
- 100 «Finland's New Nuclear Reactor: What Does It Mean for Climate Goals and Energy Security?» Euronews Green avec AP, 17 avril 2023. <https://www.euronews.com/green/2023/04/17/finlands-new-nuclear-reactor-what-does-it-mean-for-climate-goals-and-energy-security>
- 101 Crellin, Forrest et al., «EDF's UK Hinkley Point Nuclear Plant Start Date Delayed Again, Costs Mount», Reuters, 25 janvier 2024. <https://www.reuters.com/business/energy/edfs-nuclear-project-britain-pushed-back-2029-may-cost-up-34-bln-2024-01-23/>
- 102 Cho, Adrian, «Deal to build pint-size nuclear reactors cancelled», 10 novembre 2023. <https://www.science.org/content/article/deal-build-pint-size-nuclear-reactors-canceled>
- 103 Siegler, Kirk, «Why a Town on the Front Line of America's Energy Transition Isn't Letting Go of Coal», NPR, 28 mars 2024. <https://www.npr.org/2024/03/28/1240708556/why-a-town-on-the-front-line-of-americas-energy-transition-isnt-letting-go-of-co>
- 104 Dewan, Angela et al., «New-wave reactor technology could kick-start a nuclear renaissance — and the US is banking on it», 1er février 2024. <https://www.cnn.com/2024/02/01/climate/nuclear-small-modular-reactors-us-russia-china-climate-solution-intl/index.html>
- 105 «NRC Certifies First US Small Modular Reactor Design», Office of Nuclear Energy, 20 janvier 2023. <https://www.energy.gov/ne/articles/nrc-certifies-first-us-small-modular-reactor-design>
- 106 World Nuclear News, «Preparatory work stepped up for Russia's first land-based SMR», 9 février 2024. <https://world-nuclear-news.org/Articles/Preparatory-work-stepped-up-for-Russia-s-first-lan>
- 107 Ibid.
- 108 Peng, Dannie, «Small Modular Nuclear Reactors: How China and the US Are Poles Apart in Energy Ambitions», South China Morning Post, 9 décembre 2023. <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3244234/small-modular-nuclear-reactors-how-china-and-us-are-poles-apart-energy-ambitions>

- 109 «Global Nuclear SMR Project Pipeline Expands to 22 GW, Increasing More Than 65% Since 2021», Wood Mackenzie, 7 mars 2024. <https://www.woodmac.com/press-releases/2024-press-releases/global-nuclear-smr-project-pipeline-expands-to-22-gw-increasing-more-than-65-since-2021/>
- 110 Bright, Zach, «NuScale cancels first-of-a-kind nuclear project as costs surge», 9 novembre 2023. <https://www.eenews.net/articles/nuscale-cancels-first-of-a-kind-nuclear-project-as-costs-surge/>
- 111 BloombergNEF, «Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh», 26 novembre 2023. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>
- 112 Spano, Christina, «Sodium batteries offer an alternative to tricky lithium», 26 octobre 2023. <https://www.economist.com/leaders/2023/10/26/sodium-batteries-offer-an-alternative-to-tricky-lithium>
- 113 Breakthrough Energy, «Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation», février 2019. https://breakthroughenergy.org/wp-content/uploads/2022/10/Report_AdvancingtheLandscapeofCleanEnergyInnovation_2019.pdf
- 114 Crownhart, Casey, «How sodium could change the game for batteries», 11 mai 2023. <https://www.technologyreview.com/2023/05/11/1072865/how-sodium-could-change-the-game-for-batteries/>
- 115 Ibid.
- 116 Spano, Christina, «Sodium batteries offer an alternative to tricky lithium», 26 octobre 2023. <https://www.economist.com/leaders/2023/10/26/sodium-batteries-offer-an-alternative-to-tricky-lithium>
- 117 McKinsey & Company, «Scaling the CCUS industry to achieve net-zero emissions», 28 octobre 2022. <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/scaling-the-ccus-industry-to-achieve-net-zero-emissions>
- 118 Douglas, Leah, «POET's US Midwest ethanol plants to join Summit Carbon pipeline project», 29 janvier 2024. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/poets-us-midwest-ethanol-plants-join-summit-carbon-pipeline-project-2024-01-29/>
- 119 Dr Dunker, Chris, «Carbon pipeline says it has secured easements for half of Nebraska route», 6 décembre 2022. https://journalstar.com/news/state-and-regional/govt-and-politics/carbon-pipeline-says-it-has-secured-easements-for-half-of-nebraska-route/article_4daa603f-38fd-5d71-9461-ad0b5314a871.html
- 120 Douglas, Leah, «US carbon capture pipeline setbacks reflect challenges in climate fight», 28 septembre 2023. <https://www.reuters.com/sustainability/us-carbon-capture-pipeline-setbacks-reflect-challenges-climate-fight-2023-09-28/>
- 121 «The History of Nuclear Energy», Département américain de l'énergie, consulté le 27 mars 2024. <https://www.energy.gov/ne/articles/history-nuclear-energy>
- 122 Dr Dvorak, Phred, «America Wanted a Homegrown Solar Industry. China Is Building a Lot of It», Wall Street Journal, 6 février 2024. <https://www.wsj.com/business/america-wanted-a-homegrown-solar-industry-china-is-building-a-lot-of-it-a782f959>
- 123 Robinson, Quillan, «The True Cost of Chinese Solar Panels», Time, 18 janvier 2024. <https://time.com/6564184/chinese-solar-panels-cost>
- 124 Ivory, Robin, «How Is Blended Finance Deployed in South Asia?» Convergence, 14 mars 2024. <https://www.convergence.finance/news-and-events/news/7dygNJASNYPPfN9AHRhvLc/view>
- 125 «Hydrogen Energy», Australian Renewable Energy Agency, consulté le 27 mars 2024. <https://arena.gov.au/renewable-energy/hydrogen/>
- 126 Bearak, Max, «Inside the Global Race to Turn Water into Fuel», New York Times, 11 mars 2023. <https://www.nytimes.com/2023/03/11/climate/green-hydrogen-energy.html>
- 127 «Australia's Fortescue FFI Sees Texas Potential Among 5 Key Projects», Reuters, 14 février 2023. <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/australias-fortescue-ffi-sees-texas-potential-among-5-key-projects-2023-02-15/>
- 128 «Linde to Invest \$1.8B to Supply Clean Hydrogen to OCI's World-Scale Blue Ammonia Project in the US Gulf Coast», Linde, 6 février 2023. <https://www.linde.com/news-media/press-releases/2023/linde-to-invest-1-8-billion-to-supply-clean-hydrogen-to-oci-s-world-scale-blue-ammonia-project-in-the-u-s-gulf-coast>
- 129 «National Green Hydrogen Strategy: Chile, a Clean Energy Provider for a Carbon Neutral Planet», Ministère de l'Énergie, Gouvernement du Chili, novembre 2020. https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf
- 130 «Chile to Accelerate Its Green Hydrogen Industry with World Bank Support», The World Bank, 29 juin 2023. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/06/29/chile-to-accelerate-its-green-hydrogen-industry-with-world-bank-support>
- 131 Gavin, Cassie, «Response to Duke Energy's Proposed Combined Carbon Plan and Integrated Resources Plan (CPIRP)» NC Sustainable Energy Association, 5 décembre 2023. <https://energync.org/response-to-dukes-proposed-combined-cpirp-blog/>
- 132 «Duke Energy Files Updated Carbon Plan to Serve the Growing Energy Needs of a Thriving North Carolina», Duke Energy, 17 août 2023. <https://news.duke-energy.com/releases/duke-energy-files-updated-carbon-plan-to-serve-the-growing-energy-needs-of-a-thriving-north-carolina>
- 133 Seel, Joachim et al., «Plentiful electricity turns wholesale prices negative», Lawrence Berkeley National Laboratory, novembre 2021. <https://emp.lbl.gov/publications/plentiful-electricity-turns-wholesale>
- 134 Graham, Dave, «Mexico's Sheinbaum Spurs Hope of More Private Investment in Energy After Lopez Obrador», Reuters, 21 décembre 2023. <https://www.reuters.com/world/americas/mexicos-sheinbaum-spurs-hope-more-private-investment-energy-after-lopez-obrador-2023-12-21/>

INFORMATIONS IMPORTANTES

Réservé aux investisseurs professionnels. Tous les investissements comportent des risques, y compris la perte éventuelle du capital. Les performances passées ne sont pas indicatives des résultats futurs.

Les informations contenues dans le présent document sont fournies par PGIM, Inc., la principale entreprise de gestion d'actifs de Prudential Financial, Inc. (PFI), et un nom commercial de PGIM, Inc. et de ses filiales mondiales. PGIM, Inc. est un conseiller en investissement enregistré auprès de la Securities and Exchange Commission (SEC) des États-Unis. L'enregistrement auprès de la SEC n'implique pas un certain niveau de compétence ou de formation.

Au Royaume-Uni, les informations sont émises par PGIM Limited, dont le siège social est situé: Grand Buildings, 1-3 Strand, Trafalgar Square, Londres, WC2N 5HR. PGIM Limited est autorisé et réglementé par la Financial Conduct Authority («FCA») du Royaume-Uni (numéro de référence de la société 193418). Dans l'Espace économique européen («EEE»), les informations sont émises par PGIM Netherlands B.V., dont le siège social est situé: Gustav Mahlerlaan 1212, 1081 LA Amsterdam, Pays-Bas. PGIM Netherlands B.V. est agréée par l'Autoriteit Financiële Markten («AFM») aux Pays-Bas (numéro d'enregistrement 15003620) et opère sur la base d'un passeport européen. Dans certains pays de l'EEE, les informations sont, le cas échéant, présentées par PGIM Limited sur la base de dispositions, d'exemptions ou de licences dont PGIM Limited dispose en vertu d'accords d'autorisation temporaires à la suite de la sortie du Royaume-Uni de l'Union européenne. Ces documents sont émis par PGIM Limited et/ou PGIM Netherlands B.V. à l'intention des personnes qui sont des clients professionnels au sens des règles de la FCA et/ou des personnes qui sont des clients professionnels au sens de la mise en œuvre locale pertinente de la directive 2014/65/UE (MiFID II). En Italie, les informations sont fournies par PGIM Limited, autorisée à opérer en Italie par la Commissione Nazionale per le Società e la Borsa (CONSOB). Au Japon, les informations sont fournies par PGIM Japan Co., Ltd. («PGIM Japon») et/ou PGIM Real Estate (Japon) Ltd. («PGIMREJ»). PGIM Japan, un opérateur commercial d'instruments financiers enregistré auprès de l'Agence des services financiers du Japon, propose divers services de gestion d'investissements au Japon. PGIMREJ est un gestionnaire d'actifs immobiliers japonais enregistré auprès du Kanto Local Finance Bureau du Japon. À Hong Kong, les informations sont fournies par PGIM (Hong Kong) Limited, une entité réglementée par la Securities & Futures Commission de Hong Kong, aux investisseurs professionnels tels que définis dans la section 1 de la partie 1 de l'annexe 1 de la Securities and Futures Ordinance (Cap. 571). À Singapour, les informations sont émises par PGIM (Singapour) Pte. Ltd. («PGIM Singapour»), une entité réglementée par l'Autorité monétaire de Singapour en vertu d'une licence de services de marchés financiers pour la gestion de fonds et un conseiller financier indépendant. Ces documents sont publiés par PGIM Singapour pour l'information générale des «investisseurs institutionnels» conformément à la section 304 du Securities and Futures Act 2001 de Singapour (le «SFA») et des «investisseurs accrédités» et autres personnes concernées conformément aux conditions spécifiées dans la section 305 du SFA. En Corée du Sud, les informations sont émises par PGIM, Inc. qui est autorisé à fournir des services de gestion d'investissement discrétionnaire directement aux investisseurs institutionnels qualifiés sud-coréens sur une base transfrontalière.

Ces documents sont fournis uniquement à des fins d'information ou d'éducation. Ces informations ne constituent pas un conseil d'investissement ni une recommandation de gestion ou d'investissement d'actifs, ni une offre ou une sollicitation de produits ou de services à l'intention de personnes auxquelles la législation applicable à leur lieu de citoyenneté, de domicile ou de résidence interdit de recevoir ce type d'informations. En fournissant ces documents, PGIM n'agit pas en tant que fiduciaire. Ces documents représentent les points de vue, les opinions et les recommandations de leur(s) auteur(s) concernant les conditions économiques, les classes d'actifs, les titres, les émetteurs ou les instruments financiers qui y sont mentionnés. La distribution de ces informations à toute personne autre que la personne à laquelle elles ont été remises à l'origine et aux conseillers de cette personne n'est pas autorisée, et toute reproduction de ces documents, en tout ou en partie, ou la divulgation de leur contenu, sans l'accord préalable de PGIM, est interdite. Certaines informations contenues dans le présent document ont été obtenues auprès de sources que PGIM considère comme fiables à la date indiquée; toutefois, PGIM ne peut garantir l'exactitude de ces informations, ni assurer leur exhaustivité, ni garantir qu'elles ne seront pas modifiées. Les informations contenues dans le présent document sont à jour à la date de publication (ou à toute date antérieure mentionnée dans le présent document) et peuvent être modifiées sans préavis. PGIM n'a aucune obligation de mettre à jour tout ou partie de ces informations; nous ne donnons aucune garantie expresse ou implicite quant à l'exhaustivité ou à l'exactitude de ces informations et n'acceptons aucune responsabilité en cas d'erreur. Ces documents ne constituent pas une offre ou une sollicitation pour l'achat ou la vente d'un titre ou d'un autre instrument financier ou d'un service de gestion d'investissement et ne doivent pas servir de base à une décision d'investissement. Aucune technique de gestion des risques ne peut garantir l'atténuation ou l'élimination des risques dans n'importe quel environnement de marché. Les performances passées ne constituent pas une garantie ou un indicateur fiable des résultats futurs et un investissement peut perdre de la valeur. Aucune responsabilité ne peut être engagée pour toute perte (directe, indirecte ou consécutive) pouvant résulter de l'utilisation des informations contenues dans le présent rapport ou dérivées de celui-ci. PGIM et ses sociétés affiliées peuvent prendre des décisions d'investissement incompatibles avec les recommandations ou les opinions exprimées dans le présent document, y compris pour des comptes propres à PGIM ou à ses sociétés affiliées. Toutes les projections ou prévisions présentées ici le sont à la date de cette présentation et sont susceptibles d'être modifiées sans préavis. La réalité des données varie et peut ne pas être reflétée dans le présent document. Les projections et les prévisions sont soumises à des niveaux élevés d'incertitude. En conséquence, toute projection ou prévision doit être considérée comme simplement représentative d'un large éventail de résultats possibles. Les projections ou prévisions sont estimées, basées sur des hypothèses, et sont sujettes à des révisions significatives et peuvent changer matériellement en fonction de l'évolution des conditions économiques et de marché. PGIM n'a aucune obligation de fournir des mises à jour ou des modifications des projections ou des prévisions.

PGIM et ses affiliés peuvent développer et publier des recherches indépendantes et différentes des recommandations contenues dans le présent document. Le personnel de PGIM autre que le(s) auteur(s), tel que le personnel des ventes, du marketing et de la négociation, peut fournir oralement ou par écrit des commentaires ou des idées sur le marché aux clients ou prospects de PGIM ou des idées d'investissement exclusives qui diffèrent des points de vue exprimés dans le présent document.

Prudential Financial, Inc. des États-Unis n'est affiliée d'aucune manière à Prudential plc, constituée au Royaume-Uni ou à Prudential Assurance Company, une filiale de M&G plc, constituée au Royaume-Uni.

© 2024 PFI et ses entités affiliées, enregistrées dans de nombreuses juridictions à travers le monde.

SÉRIE MEGATREND DE PGIM

Comment l'évolution du paysage mondial d'aujourd'hui affectera les investissements de demain



La transformation des marchés du travail

Parmi ses nombreuses conséquences humaines et économiques tragiques, la pandémie de COVID-19 a bouleversé les marchés du travail. Si ces questions retiennent l'attention des médias, et si certaines d'entre elles peuvent avoir un impact durable, elles occultent souvent les profonds changements structurels des marchés du travail qui étaient déjà en cours avant COVID et qui, en fin de compte, auront un impact bien plus important sur la restructuration de la main-d'œuvre mondiale.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/labor



Nourriture pour la pensée

Qu'il s'agisse de rechercher des opportunités ou d'atténuer des risques cachés, il est essentiel pour les investisseurs institutionnels de comprendre la transformation rapide du système alimentaire.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/food



La nouvelle dynamique des marchés privés

Depuis des siècles, les marchés privés permettent aux entrepreneurs, aux magnats de l'industrie et aux promoteurs immobiliers d'accéder aux capitaux. Mais l'ampleur, la croissance et la complexité actuelles des capitaux privés sont véritablement sans précédent et modifient radicalement les possibilités d'investissement et les défis auxquels sont confrontés les investisseurs institutionnels.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/private-markets



Investir dans la cryptomonnaie

Explication des raisons pour lesquelles les investissements directs dans le bitcoin et ses pairs ne sont actuellement pas intéressants pour un portefeuille institutionnel, comme le soulignent les récentes fluctuations du marché des cryptomonnaies. Les technologies que les cryptomonnaies ont contribué à créer offrent néanmoins de nouvelles opportunités pour les investisseurs à long terme avisés.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/crypto



Services de remaniement

La rupture technologique a finalement atteint les rivages de l'économie des services. Cette évolution représentera un changement majeur pour les investisseurs et l'économie mondiale, car les services représentent plus des deux tiers du PIB mondial, trois quarts de la main-d'œuvre dans les marchés développés et près de la moitié de la main-d'œuvre dans les marchés émergents avancés.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/reshaping



Faire face au changement climatique

Le changement climatique n'est plus un risque hypothétique. Il transforme déjà l'économie mondiale, remodèle les marchés et modifie le paysage de l'investissement. Dans ce document, nous proposons un programme d'action sur le changement climatique qui aborde à la fois les vulnérabilités cachées des portefeuilles et les opportunités potentielles dans le cadre de la transition vers un monde à plus faible émission de carbone.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/climate



Après le grand confinement

La pandémie a forcé les entreprises à s'adapter d'une manière qui entraînera des changements durables dans le comportement des consommateurs et dans les modèles d'entreprise. Il est temps de se concentrer sur les perturbations massives à venir afin d'être le mieux positionné possible lorsque le grand confinement sera passé.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/lockdown



L'avenir, c'est l'affaire de tous

Des forces perturbatrices ont conduit à l'émergence de trois nouveaux modèles d'entreprise qui modifient radicalement le calcul de l'investissement pour les investisseurs institutionnels. Nous examinons ici les implications de ces nouveaux modèles d'entreprise en matière d'investissement.

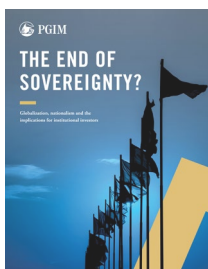
Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/futurefirm



La frontière technologique

Nous vivons une époque de changements technologiques sans précédent. Chez PGIM, nous pensons que les implications pour les investisseurs seront profondes, transformant radicalement les opportunités d'investissement à travers les classes d'actifs et les zones géographiques.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/tech



La fin de la souveraineté?

Jamais auparavant dans l'histoire, les personnes, les informations et les capitaux n'ont franchi les frontières à la vitesse, à la fréquence et au volume que nous connaissons aujourd'hui. Dans ce livre blanc, nous examinons de plus près l'escalade entre la mondialisation et le nationalisme, les implications que cela pourrait avoir pour les marchés financiers mondiaux et la manière dont les investisseurs à long terme peuvent se positionner au mieux pour traverser cette période d'incertitude.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/sovereignty



Les marchés émergents à la croisée des chemins

Un changement radical dans les forces qui déterminent la croissance des marchés émergents obligera les investisseurs à adopter une approche différente de celle qui a pu fonctionner dans le passé. De plus en plus, la découverte d'opportunités d'investissement reposera sur la capacité à capter l'alpha des nouveaux moteurs de croissance, plutôt que sur la poursuite du bêta de l'univers général.

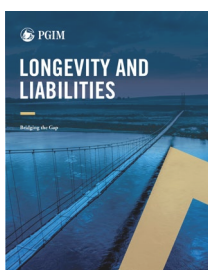
Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/em



Un fil d'Ariane

Le vieillissement sans précédent de la population mondiale crée de nouvelles opportunités dans les domaines du logement pour personnes âgées, des appartements multifamiliaux, de la biotechnologie et de l'industrie émergente des technologies de l'argent. Les investisseurs institutionnels devraient réfléchir à la manière dont cette mégatendance pourrait affecter leurs portefeuilles, compte tenu de son impact sur les dépenses de consommation et de ses effets considérables sur les pays émergents, qui abritent les deux tiers des personnes âgées de la planète.

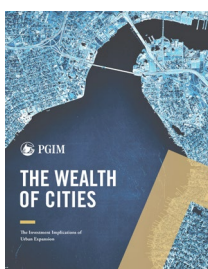
Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/longevity



Longévité et obligations

L'allongement de l'espérance de vie dans le monde a des répercussions sur les engagements des régimes de retraite qui ne sont pas pleinement appréciées. Comme le montrent les nouvelles tables de mortalité, le risque de longévité pour les engagements de retraite pourrait augmenter considérablement au cours des deux ou trois prochaines décennies. Ce rapport examine le défi et les stratégies d'atténuation des risques disponibles.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur pgim.com/longevity



La richesse des villes

Jamais dans l'histoire, le rythme de l'urbanisation n'a été aussi rapide: 60 à 70 millions de personnes s'installeront dans les villes chaque année au cours des prochaines décennies. Afin d'aider les investisseurs institutionnels à tirer parti de cette «période de prédilection» de l'urbanisation, nous avons identifié une série d'idées d'investissement spécifiques dans les principaux thèmes d'investissement de cette mégatendance opportune.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur wealthofcities.com





LA QUÊTE DE LA SURPERFORMANCE™

Pour les médias et autres demandes, veuillez contacter thought.leadership@pgim.com.

Rendez-nous visite en ligne sur www.pgim.com.

Suivez-nous @PGIM sur LinkedIn, Instagram et YouTube pour connaître les dernières actualités et les contenus.