



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

Énergie nucléaire et changements climatiques

QUESTIONS ET RÉPONSES SUR LES PROGRÈS, LES PROBLÈMES ET LES PERSPECTIVES



Synthèse de la contribution de l'AIEA au premier bilan mondial établi au titre de l'Accord de Paris



L'énergie nucléaire aide largement à atténuer les changements climatiques et à s'adapter à leurs effets, tout en concourant au développement durable.

Deuxième source d'électricité à faible émission de carbone, l'énergie nucléaire est le produit d'un secteur bien préparé pour s'adapter aux changements climatiques, et nombreux sont les pays qui l'incluent dans leurs stratégies nationales visant à lutter contre ces derniers.

Il faut redoubler d'efforts pour exploiter toutes les possibilités qu'offre l'énergie nucléaire en matière d'atténuation des changements climatiques et de


résilience face à ces derniers, notamment en prenant des mesures stratégiques, réglementaires et structurelles et autres qui soient cohérentes pour mobiliser et orienter les financements, tout en poursuivant l'action menée pour intégrer les progrès de la climatologie et des prévisions climatiques dans la conception, le choix du site et l'exploitation des centrales nucléaires.

L'AIEA joue un rôle de premier plan en aidant ses États Membres à tirer parti de l'énergie nucléaire face aux changements climatiques :

elle appuie les programmes nucléaires qu'ils mènent ou qu'ils entreprennent aux quatre coins du monde, stimule l'innovation et renforce leurs capacités en matière de planification énergétique durable, tout en leur prêtant main forte pour mieux adapter et protéger les centrales nucléaires face aux aléas climatiques.

< 2 °C

Pour atteindre l'objectif de l'Accord de Paris visant à contenir l'élévation de la température mondiale en dessous de 2 °C, toutes les technologies énergétiques à faible émission de carbone, y compris l'électronucléaire, sont nécessaires.



En mars 2023, sur l'invitation des présidents de l'Organe subsidiaire de mise en œuvre et de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, l'Agence a contribué au premier « bilan mondial » établi au titre de l'Accord de Paris, processus qui « [permet] aux pays et aux autres parties prenantes de faire le point sur les progrès accomplis collectivement vers la réalisation des buts de l'Accord de Paris – et de voir où ils ne progressent pas. C'est comme faire un inventaire : il s'agit d'examiner tout ce qui a trait à la situation mondiale en matière d'action climatique et de soutien fourni à cet égard, de recenser les lacunes et de travailler ensemble pour tracer une meilleure voie (à l'horizon 2030 et au-delà) » [1].

La présente publication présente une synthèse de la contribution de l'AIEA au bilan mondial sous forme de questions et réponses sur la contribution de l'énergie nucléaire à l'atténuation des changements climatiques et à l'adaptation à leurs effets, les financements et les technologies, ainsi que sur les aspects économiques et des thèmes intersectoriels. Ces sujets sont traités plus avant dans les récentes publications de l'AIEA, parmi elles *Nuclear Energy for a Net Zero World* [2] et *Climate Change and Nuclear Power 2022* [3].



« Alors que le premier bilan mondial de l'Accord de Paris finit d'être établi à la COP28, nous constatons encore une fois le rôle clé de la science et de la technologie nucléaires face à la crise climatique. L'énergie nucléaire fournit un quart de l'électricité à faible émission de carbone dans le monde. À mesure qu'elle en produit davantage et s'étend à la décarbonation d'autres secteurs de l'économie, elle devient partie intégrante de la solution qui nous mènera vers un monde à zéro émission nette de carbone. »

Rafael Mariano Grossi
DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'AIEA

ATTÉNUATION

1. Comment l'énergie nucléaire contribue-t-elle déjà aux mesures d'atténuation des effets des changements climatiques et à l'ambition de l'Accord de Paris, notamment aux buts qui consistent à contenir l'élévation de la température nettement en dessous de 2 °C (tout en poursuivant l'action menée pour la limiter à 1,5 °C)¹ et à atteindre la neutralité carbone² ?

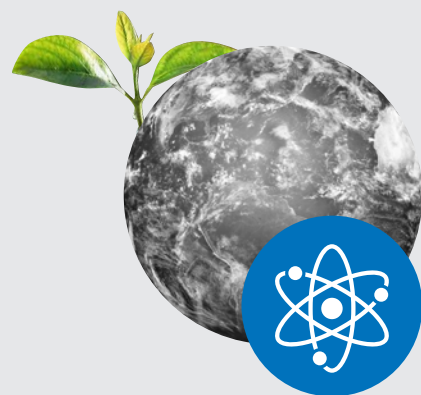
L'énergie nucléaire, qui demeure la deuxième source mondiale d'électricité à faible émission de carbone, a jusqu'à présent permis d'éviter le rejet de quelque 70 milliards de tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) [4]. Avec plus de 400 réacteurs de puissance en exploitation et plus de 50 en construction [5], l'électronucléaire continue de jouer un rôle avéré dans l'atténuation des changements climatiques. Capable de fournir sur demande une énergie fiable, il contribue à réduire l'intensité carbone du secteur de l'électricité tout en facilitant le recours à d'autres sources d'électricité à faible émission, notamment les sources renouvelables intermittentes, comme l'énergie solaire et l'énergie éolienne [4, 6].

Parallèlement à l'exploitation et à la construction de centrales nucléaires, de gros progrès ont été faits dans le monde pour prolonger la durée de vie utile de celles qui existent de sorte à maintenir « une base solide pour les transitions vers des énergies propres » [4]. Entre 2019 et 2022, les décisions politiques et

réglementaires qui ont été prises dans ce sens ont permis de conserver plus de 50 gigawatts de capacité nucléaire et d'autres en attente devraient permettre d'en conserver près de 60 supplémentaires [4].

L'AIEA a tenu compte de ces avancées et d'autres dans ses dernières projections sur le déploiement de réacteurs nucléaires à l'horizon 2050 [7]. Les projections hautes, qui prennent en considération les politiques nationales de lutte contre les changements climatiques et les intentions de développer l'électronucléaire affichées par les pays, anticipent un doublement de la capacité nucléaire mondiale d'ici 2050, jusqu'à 873 gigawatts. Les projections basses prévoient, quant à elles, une capacité nucléaire d'environ 400 gigawatts en 2050 (soit essentiellement la même qu'aujourd'hui), partant du principe que « les tendances actuelles concernant le marché, les technologies et les ressources se poursuivront et que les modifications apportées aux lois, politiques et règlements touchant explicitement à l'électronucléaire seront limitées » [7].

L'énergie nucléaire, qui demeure la deuxième source mondiale d'électricité à faible émission de carbone, a permis d'éviter le rejet de quelque 70 milliards de tonnes de dioxyde de carbone.



¹ Article 2.1.a) de l'Accord de Paris : « Contenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques. »

² Article 4.1. de l'Accord de Paris : « En vue d'atteindre l'objectif de température à long terme énoncé à l'article 2, les Parties cherchent à parvenir au plafonnement mondial des émissions de gaz à effet de serre dans les meilleurs délais, étant entendu que le plafonnement prendra davantage de temps pour les pays en développement Parties, et à opérer des réductions rapidement par la suite conformément aux meilleures données scientifiques disponibles de façon à parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre au cours de la deuxième moitié du siècle, sur la base de l'équité, et dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté. »



2

Les engagements actuels de réduction des émissions de gaz à effet de serre pris par les pays (y compris les contributions déterminées au niveau national) sont-ils suffisants pour permettre d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris ? Quelles nouvelles mesures de réduction des émissions sont encore nécessaires ?

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) [8], l'Agence internationale de l'énergie (AIE) [9] et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) [10], les contributions déterminées au niveau national (CDN) soumises par les pays dans le cadre de l'Accord de Paris demeurent insuffisantes pour contenir le réchauffement climatique nettement en dessous de 2 °C. Le PNUE estime que même si toutes les CDN inconditionnelles étaient bien mises en œuvre, les émissions annuelles dépasseraient de 15 et de 23 gigatonnes d'équivalent CO₂ le niveau voulu en

2030 pour atteindre respectivement les objectifs de 2 °C et 1,5 °C, et de 24 et de 36 gigatonnes d'équivalent CO₂ le niveau voulu en 2050 [10].

En supposant que les membres du Groupe des 20 (G20) et neuf autres grands émetteurs³ respectent leurs engagements en matière de neutralité carbone – dont certains sont extrêmement ambitieux – le réchauffement serait contenu en deçà de 2 °C, mais il resterait environ 12 gigatonnes d'équivalent CO₂ à éliminer pour atteindre l'objectif de 1,5 °C en 2050 [10].

³ Chili, Colombie, Émirats arabes unis, Kazakhstan, Malaisie, Nigéria, Thaïlande, Ukraine, Viet Nam.

3. Quels sont les efforts faits pour planifier, mettre en œuvre et diligenter les mesures d'atténuation fondées sur l'énergie nucléaire ?

D'après les CDN et les stratégies à long terme soumises au titre de l'Accord de Paris [11, 12], une trentaine de pays prévoient ou mettent en œuvre plus ou moins rapidement des mesures tirant parti des possibilités d'atténuation considérables de l'énergie nucléaire (voir tableau 1). Quatorze d'entre eux ont accordé un rôle important à l'énergie nucléaire dans leurs derniers CDN et près de 20 l'ont incluse dans leurs stratégies à long terme.

À eux tous, les pays dans l'encadré jaune du tableau 1 représentent plus de 70 % des émissions mondiales de carbone [14]. Parmi leurs CDN figurent des objectifs quantitatifs et axés sur des projets visant à accroître la capacité nucléaire, des mesures de développement et d'utilisation de nouvelles technologies électronucléaires (dont les petits réacteurs modulaires et les technologies de production d'hydrogène et de chaleur à faible émission de carbone), des déclarations

d'intention générales visant à déployer et à utiliser l'énergie nucléaire pour atteindre les buts en matière d'atténuation, et des objectifs destinés à aider les pays en développement et à favoriser la diversité de la main-d'œuvre dans l'industrie nucléaire.

Au-delà des CDN et des stratégies à long terme, une cinquantaine de pays supplémentaires s'intéressent à l'énergie nucléaire, qu'ils aient ouvertement manifesté leur intérêt ou qu'ils construisent leur première centrale nucléaire.

L'AIEA aide également les pays à revoir leurs CDN à la hausse pour leur permettre d'évaluer la possibilité d'inclure le nucléaire dans leurs stratégies de décarbonation et les aide notamment à renforcer leurs capacités de planification énergétique et à mener des recherches sur ce sujet [15].

	PAYS UTILISANT L'ÉLECTRONUCLÉAIRE AUJOURD'HUI	PAYS CONSTRUISANT UNE PREMIÈRE CENTRALE NUCLÉAIRE	AUTRES PAYS
Énergie nucléaire dans les CDN et les stratégies à long terme	Canada, Chine, États-Unis d'Amérique, Ukraine, Royaume-Uni		
Énergie nucléaire dans les CDN uniquement	Argentine, Arménie, Émirats arabes unis, Fédération de Russie, Inde, République islamique d'Iran	Türkiye	République populaire démocratique de Corée, Ghana
Énergie nucléaire dans les stratégies à long terme uniquement	Finlande, France, Hongrie, Japon, Mexique, Pays-Bas, République tchèque, Slovaquie, Slovénie, Suède		Australie, Colombie, Maroc, Singapour
Énergie nucléaire non incluse dans les CDN ou les stratégies à long terme (ou mentionnée dans le contexte de moratoires ou de sorties progressives)	Afrique du Sud, Allemagne, Bélarus, Belgique, Brésil, Bulgarie, Espagne, Pakistan, République de Corée, Roumanie, Suisse	Bangladesh, Égypte	Reste du monde

Note : la République de Corée a annoncé récemment qu'elle envisageait de revoir sa CDN et ses stratégies à long terme pour faire une plus large place au nucléaire [13].

Tableau 1 : L'énergie nucléaire dans les stratégies et engagements nationaux, à la mi-2022 [11, 12].

~30 pays prévoient ou mettent en œuvre plus ou moins rapidement des mesures tirant parti des possibilités d'atténuation considérables de l'énergie nucléaire.

4. Les mesures d'atténuation actuelles faisant intervenir l'énergie nucléaire, y compris les politiques et autres mécanismes favorables, sont-elles suffisantes pour permettre d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris ?

Dans les trajectoires d'atténuation au niveau mondial présentées dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC [8, 16], tous les scénarios de transition compatibles avec les buts de l'Accord de Paris font une large place à l'énergie nucléaire – la majorité des trajectoires à faible émission de carbone prévoyant au moins un doublement de la production mondiale d'électricité d'origine nucléaire à l'horizon 2050 [17].

Pour autant, même si l'énergie nucléaire reste la deuxième source mondiale d'électricité à faible

émission de carbone, dans de nombreux pays et régions, les politiques, mesures et aides visant à l'utiliser à des fins d'atténuation ne sont pas alignées sur les trajectoires élaborées par le GIEC. En d'autres termes, malgré les progrès et les ambitions affichées (voir questions 1 et 3), les mesures en faveur du déploiement de nouvelles centrales nucléaires et de la prolongation de la durée de vie de celles qui existent déjà restent insuffisantes voire, parfois, ne cadrent pas avec les objectifs de l'Accord de Paris.



14 pays ont fait une large place à l'énergie nucléaire.



L'énergie nucléaire est la deuxième source d'électricité à faible émission de carbone dans le monde.

5.

Quelles sont les autres mesures à prendre pour surmonter les obstacles et les problèmes qui entravent l'atténuation (que ce soit dans le nucléaire ou dans d'autres filières d'énergie à faible émission de carbone) à l'échelle nationale, régionale et internationale ?

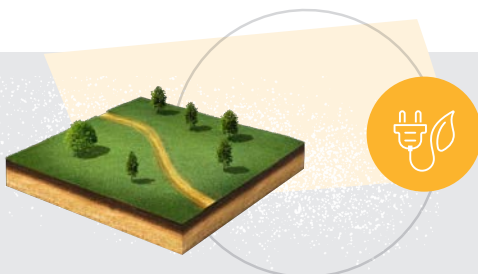
Pour accélérer et intensifier les mesures d'atténuation dans le secteur de l'énergie en respectant les objectifs de l'Accord de Paris et surmonter les obstacles et les problèmes à différents niveaux, il convient de mettre en place un ensemble cohérent de mesures stratégiques, réglementaires, structurelles et autres [2, 3, 9] pour traiter les points suivants :

- **Marchés et réglementation :** Les décideurs et responsables de la réglementation peuvent s'employer à limiter les barrières et les distorsions des marchés de l'énergie et des investissements, telles que celles associées à la conception et à la réglementation du marché de l'électricité, les subventions mal ciblées, la tarification insuffisante du carbone et l'absence de mécanismes permettant de chiffrer et de rémunérer les services des systèmes (dont l'adaptabilité et la fiabilité) proposés par les producteurs d'énergie – dont les centrales nucléaires. Les processus d'approbation des projets énergétiques à faible émission de carbone pourraient également mieux tenir compte de la nécessité de parer à la fois à l'urgence climatique et à la sécurité énergétique.
- **Orientation des investissements :** Les descriptions des critères ESG (environnement, société et gouvernance) visant à orienter les investissements publics et privés vers des solutions à faible émission de carbone, y compris les taxonomies établies par les pouvoirs publics, devraient s'appuyer sur un fondement scientifique solide et éviter les obstacles arbitraires. L'adoption de critères objectifs et transparents qui soient technologiquement neutres peut aider à mobiliser les investissements et à les guider de sorte à multiplier les chances d'atteindre l'objectif zéro émission nette tout en couvrant d'autres volets du développement durable.
- **Gestion des risques liés aux projets de production d'énergie propre :** Les décideurs peuvent adopter des mesures ciblées cohérentes pour aider à atténuer les risques auxquels se heurtent ceux qui investissent dans des projets énergétiques à faible émission de carbone de longue haleine et à forte intensité de capital. De telles mesures peuvent appuyer les projets aux longs délais d'exécution qui s'accompagnent de processus réglementaires complexes et

d'incertitudes politiques, ainsi que ceux qui offrent de réels avantages non commerciaux, tels que l'amélioration de la sécurité énergétique sur le long terme. Les décideurs peuvent favoriser et mobiliser des investissements privés par des mesures de gestion et de partage des risques lors de la construction (par exemple, avec un financement public direct ou des garanties pour les pourvoyeurs de capitaux propres et de financements par endettement, notamment via des approches réglementées fondées sur les actifs) et par des systèmes de partage des risques liés aux produits et à la tarification, tels que des contrats d'écart compensatoire ou des accords d'achat d'énergie.

- **Coordination et coopération :** Les décideurs devront coordonner, et potentiellement financer, la mise en place d'infrastructures matérielles (telles que des réseaux d'énergie et des chaînes sécurisées d'approvisionnement en produits essentiels) et immatérielles (par exemple, capital humain, institutions et cadres juridiques) pour faciliter la transition énergétique, renforcer la coopération financière internationale, inciter les banques multilatérales de développement et les établissements de financement de l'action climatique à financer des projets technologiquement neutres – notamment pour faciliter les apports en faveur de projets énergétiques dans les pays en développement – et promouvoir l'implantation de marchés de capitaux locaux.
- **Aide aux nouvelles technologies :** L'objectif zéro émission nette exige que les acteurs publics et privés poursuivent leurs investissements dans des projets de recherche-développement et de démonstration pour stimuler l'innovation technologique, car de nouvelles technologies (dont les systèmes d'énergie nucléaire avancés) devraient permettre de réduire considérablement les émissions [18].

En outre, des mesures ciblées et temporaires peuvent être nécessaires pour éviter la mise hors service prématurée de systèmes énergétiques à faible émission de carbone, comme les centrales nucléaires existantes, et pour décourager les investissements susceptibles de bloquer les infrastructures d'approvisionnement énergétique à long terme qui seraient donc incompatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris.



L'adoption de critères objectifs et transparents qui soient technologiquement neutres peut aider à mobiliser les investissements et à les guider de sorte à multiplier les chances d'atteindre l'objectif zéro émission nette.

BONNES PRATIQUES, ENSEIGNEMENTS ET RÉUSSITES EN MATIÈRE D'ATTÉNUATION

ÉMIRATS ARABES UNIS

Les grands réacteurs nucléaires à faible émission de carbone que les Émirats arabes unis sont parvenus à déployer rapidement sont le fruit de bonnes pratiques et montrent comment il est possible d'appliquer en accéléré de meilleures mesures d'atténuation. La centrale nucléaire de Barakah devrait couvrir à elle seule environ 25 % de la production d'électricité des Émirats arabes unis d'ici 2025, remplaçant ainsi dans

une large mesure la part du gaz naturel et réduisant de près de moitié les émissions du secteur de l'électricité dans l'Émirat d'Abou Dhabi [3, 19]. Sachant que le chantier a débuté en 2012, il s'agit là d'un exemple de décarbonation rapide, comme on a pu en voir dans les décennies précédentes en France, en Suède ou dans d'autres pays qui ont réussi à décarboner rapidement leurs secteurs de l'électricité grâce au nucléaire.

CHINE

Le cas de la Chine offre d'autres enseignements. Le pays est parvenu à déployer de nouvelles technologies nucléaires pour décarboner sa production de chaleur, prouvant ainsi que l'énergie nucléaire pouvait être utilisée non seulement à des fins de décarbonation de la production d'électricité mais également pour fournir une chaleur à faible émission de carbone et atteindre ainsi les objectifs d'atténuation dans le cadre d'applications non électriques et dans des secteurs dont les émissions sont difficiles à réduire [20]. À titre d'exemple, on peut citer la

centrale nucléaire de Haiyang (qui approvisionne un système de chauffage urbain à l'échelle commerciale depuis 2020 et monte maintenant en puissance pour répondre aux besoins en chauffage d'un million de résidents [21]), la centrale nucléaire de Qinshan (qui fournit de la chaleur industrielle), un projet visant à fournir de la vapeur à l'industrie pétrochimique fin 2023 à partir de la centrale nucléaire de Tianwan, et des projets de réacteurs conçus spécialement pour alimenter un système de chauffage urbain peu polluant dans la ville de Liaoyuan [22].

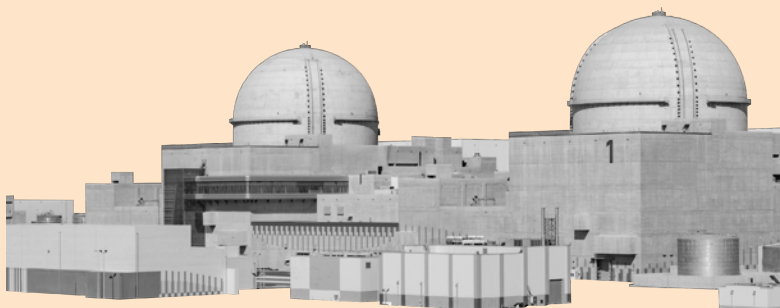
ROYAUME-UNI

Sur le plan politique, le Royaume-Uni offre des exemples de bonnes pratiques. Il a mis en place un ensemble cohérent de politiques et de mesures pour soutenir les investissements dans les solutions à faible émission de carbone, notamment l'énergie nucléaire, dans le cadre d'objectifs climatiques ambitieux. Parmi les mesures mises en place ou à l'étude, qui ont été complétées par une stratégie globale sur l'industrie nucléaire [23], figurent les suivantes :

- Des contrats d'écart compensatoire visant à garantir des recettes stables à ceux qui investissent dans des projets de production d'électricité propre [24] ;
- Un marché de capacités pour la production dite « pilotable » visant à garantir un approvisionnement en électricité fiable à un prix abordable [25] ;
- Un processus de prise de décisions d'investissement définitives pour accélérer les investissements dans le domaine de l'énergie ;
- Des garanties de prêt pour appuyer le financement des projets et les investissements [26] ;

- Des financements publics pendant la construction du projet ;
- Des modèles d'actifs réglementés qui offrent un rendement réglementé aux investisseurs [27].

Le Royaume-Uni a pris conscience que l'énergie nucléaire à faible émission de carbone pouvait également l'aider à atteindre les objectifs plus larges de développement socio-économique de son plan en dix points en faveur d'une révolution industrielle verte, qui prévoit plus de 400 millions de livres pour les petits réacteurs modulaires (et la mobilisation de fonds du secteur privé), des travaux de recherche-développement sur les réacteurs modulaires avancés, l'élaboration de cadres réglementaires et une aide aux chaînes d'approvisionnement [28].



ADAPTATION

6.

Quels sont les grands problèmes d'adaptation aux changements climatiques auxquels se heurte le secteur de l'énergie nucléaire dans le monde ? Les efforts d'adaptation actuels sont-ils suffisants et efficaces ?

Les infrastructures énergétiques mondiales sont de plus en plus exposées à des risques climatiques fréquents et graves [29] et le secteur de l'énergie nucléaire est soumis et fait face à de multiples effets climatiques (voir Fig. 1).

Bien que les baisses de production d'énergie d'origine nucléaire imputables à des conditions climatiques et météorologiques défavorables demeurent modestes (< 0,5 % de la production totale des centrales), elles représentent une part croissante de l'ensemble de celles enregistrées dans ce domaine. En 2022, la part des pertes liées aux conditions météorologiques avait augmenté de 11,5 points de pourcentage par rapport aux dix années précédentes [5, 31]. La plupart des perturbations liées au climat qui ont été signalées ont eu lieu dans des centrales situées près de rivières ou de lacs, où la continuité de la production dépend directement de l'accès aux masses d'eau – lequel est strictement réglementé pour limiter autant que possible les incidences sur les écosystèmes.

L'efficacité des efforts d'adaptation actuels tient probablement aux révisions des régimes réglementaires et à l'amélioration de l'expérience d'exploitation. Le caractère évolutif des phénomènes météorologiques a en effet conduit de nombreux pays et responsables de la réglementation à revoir leurs lignes directrices de sûreté pour continuer de garantir ou améliorer la résilience globale des activités nucléaires [3]. Des mesures d'adaptation spécifiques ont été prises à la suite d'épisodes de chaleur extrême, de pénurie d'eau de refroidissement ou encore d'inondations [32]. Les centrales ont été adaptées au moyen de diverses solutions techniques, dont : i) une réduction de l'usage et de la consommation d'eau de refroidissement ; ii) une modification de la prise d'eau ; iii) des recherches sur la production d'eau sur le site ; et iv) une meilleure utilisation de la capacité des échangeurs de chaleur. Le secteur de l'énergie nucléaire est donc bien préparé à l'évolution des conditions environnementales dans les années à venir [3].

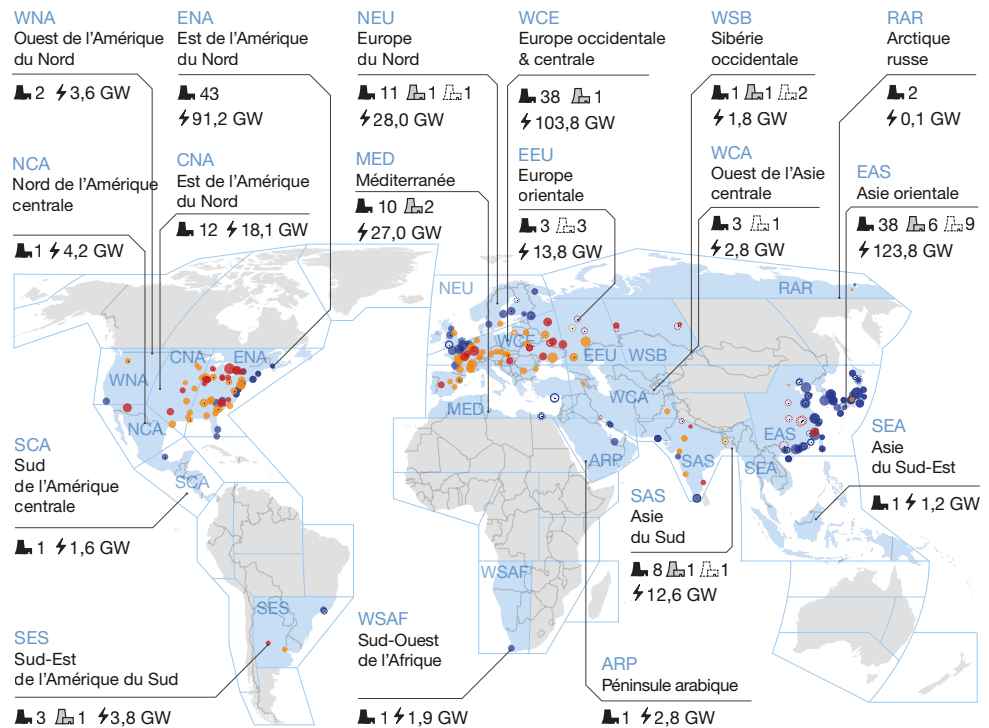
Fig. 1. Risques climatiques régionaux et facteurs ayant un impact sur le climat, d'après les données climatiques du GIEC [29, 30] et les données nucléaires de l'AIEA [5].

Emplacement

- Intérieur des terres (à proximité d'un lac)
- Intérieur des terres (à proximité d'un cours d'eau)
- Littoral
- En usage
- En construction
- Prévu

Sites et capacités nucléaires

- En service
- En construction
- Prévu
- ⚡ Capacité (centrales en service et en construction)



Risques climatiques pour les régions du GIEC	WNA	CNA	ENA	NCA	SCA	SES	NEU	WCE	EEU	MED	WSAF	RAR	WSB	WCA	EAS	ARP	SAS	SEA
CHALEUR																		
Température moyenne de surface	☀️																	
Chaleur extrême	🔥																	
HUMIDITÉ ET SÉCHERESSE																		
Crues fluviales	🌊																	
Fortes précipitations et inondations	🌧️																	
Aridité	☀️																	
Sécheresse hydrologique	💧																	
Météo propice aux incendies	🔥																	
VENT																		
Tempête violente	🌀																	
Cyclone tropical	🌀																	
CÔTES																		
Inondation du littoral	🌊																	
Élévation du niveau de la mer	🌊																	

Note : les sites nucléaires où des réacteurs supplémentaires sont en construction ou programmés sont comptabilisés comme un seul site.

7. Quels sont les efforts entrepris pour adapter le secteur de l'énergie nucléaire ?

l'AIEA apporte-t-elle en ce sens ?

Au-delà des méthodes d'adaptation qui ont déjà fait leurs preuves (voir question 6), davantage d'efforts pourraient être déployés pour couvrir les aléas climatiques (météorologiques, hydrologiques ou risques d'incendie) qui pèsent sur tous les types d'installations nucléaires dans le monde.

L'anticipation des événements météorologiques et hydrologiques, par exemple à l'aide de modèles de prévisions saisonnières et infrasaisonnières, peut aider à déterminer les priorités et les besoins en matière de mise en œuvre et d'appui, et étayer les plans et les mesures visant à garantir la disponibilité des différentes infrastructures électriques (voir Fig. 2) et à atténuer les conséquences socioéconomiques de tels événements.

L'AIEA a mis sur pied un projet technique qui s'appuie sur les dernières données d'expérience des pays en matière d'utilisation de prévisions climatiques pour évaluer les dangers et les problèmes de sûreté des sites nucléaires existants et nouveaux [3]. Il s'agit d'utiliser à la fois des méthodes statistiques et numériques et des approches météorologiques et hydrologiques pour évaluer sous l'angle de la durabilité les risques liés au temps, en se servant de méthodes spécifiques pour analyser l'évolution des aléas climatiques sur le long terme. L'idée est notamment de parvenir à

déterminer les mesures de sûreté à prendre pour couvrir les dangers auxquels sont exposés les sites et à concevoir de nouvelles mesures de protection pour les installations existantes et les nouveaux modèles. Alliant des mesures techniques (telles que de meilleures barrières) et des modulations de la performance d'exploitation (par exemple, par une mise à l'arrêt préventive), les solutions qui seront proposées auront pour but de mieux adapter et protéger les centrales nucléaires face aux risques liés au temps qu'aggravent les changements climatiques.

Par ailleurs, l'AIEA réunit actuellement un groupe d'experts chargés d'élaborer une publication retraçant en détail les solutions techniques liées à la performance que les États Membres ont récemment retenues ou envisagées en vue de réduire les baisses de production dues aux changements environnementaux et à la variabilité du climat avant l'application de mesures de sûreté et de protection. La publication donnera des exemples de modifications des actifs physiques et de procédures d'exploitation visant à optimiser l'utilisation des centrales face notamment à l'augmentation des températures durant les saisons chaudes, à l'allongement des saisons sèches, à la multiplication des tempêtes et des épisodes d'entrée d'organismes aquatiques dans les prises d'eau de refroidissement.

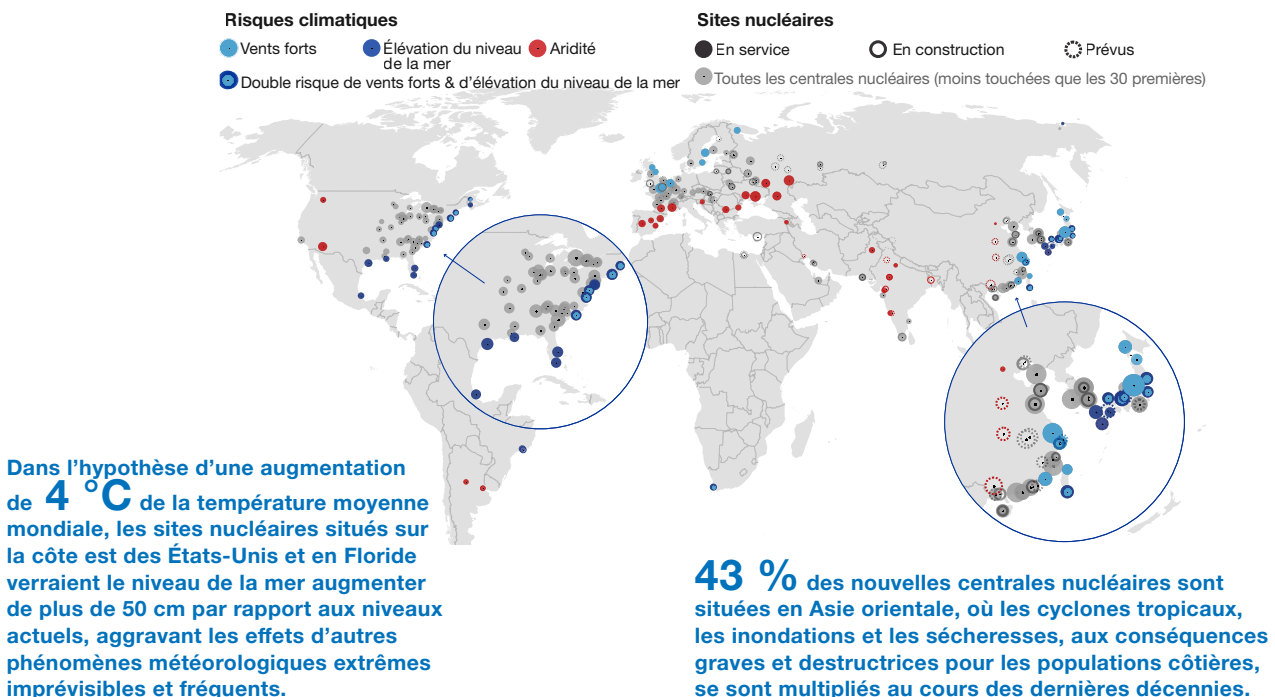


Fig. 2. Vue d'ensemble des changements environnementaux les plus importants dans les environs de certaines centrales nucléaires établie à partir des données climatiques du GIEC [30] et des données nucléaires de l'AIEA [5].

Note : m/s – mètres par seconde, m – mètres.

8.

Quelles sont les autres mesures d'adaptation dont le secteur de l'énergie nucléaire a besoin et comment les obstacles et les problèmes peuvent-ils être surmontés ?

« Les nouveaux aléas climatiques, notamment ceux qui sont aggravés par des événements météorologiques extrêmes successifs de faible probabilité, doivent être pris en compte dans le choix du site et la conception des nouvelles installations nucléaires, en particulier dans les pays primo-accédants. L'intégration des dernières avancées

de la climatologie, y compris la représentation améliorée des risques climatiques futurs à l'échelle locale, peut largement contribuer à améliorer la résilience des infrastructures nucléaires face aux changements climatiques et à davantage sécuriser l'approvisionnement en électricité » [3].

BONNES PRATIQUES, ENSEIGNEMENTS ET RÉUSSITES EN MATIÈRE D'ADAPTATION

SUÈDE ET FINLANDE

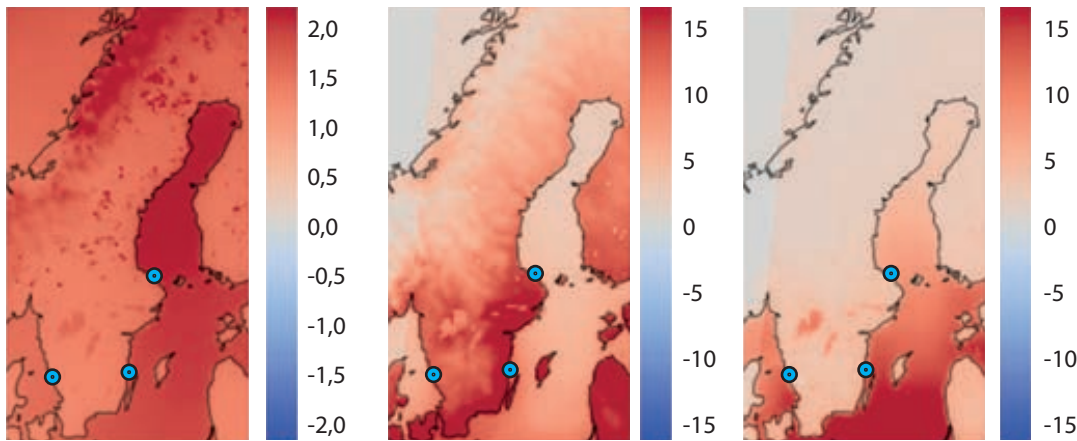
« Les centrales nucléaires de Suède et de Finlande sont parvenues à se préparer à l'évolution du climat ... et ce bien au-delà de l'horizon 2050 [33]. Les mesures qui ont été prises au lendemain de l'accident de Fukushima et le niveau de sûreté élevé du secteur nucléaire garantissent une protection contre les événements extrêmes en général, y compris les événements météorologiques. Les récents investissements dans le refroidissement indépendant du cœur des centrales en Suède ont eux aussi permis d'améliorer la durabilité [2].

« Néanmoins, nous avons déjà été témoins par le passé d'événements climatiques et météorologiques capables de nuire au fonctionnement des centrales nucléaires, qui devraient gagner en fréquence et en gravité à l'avenir (voir Fig. 3). À titre d'exemple, toutes les centrales nucléaires nordiques sont situées en bord de mer et pourraient donc être menacées par l'élévation du niveau de la mer ; ce risque est toutefois partiellement compensé par le fait que la plupart des sites nucléaires sont surélevés. Selon les estimations, les marges de sûreté actuelles suffiront à les protéger

pendant plusieurs décennies contre l'élévation du niveau de la mer causée par les changements climatiques et les conditions météorologiques extrêmes. En Suède, par exemple, les centrales pourraient résister à une élévation de 3 mètres par rapport au niveau actuel [2].

« D'autres événements climatiques ou météorologiques pourraient entraver le fonctionnement des centrales nucléaires dans les pays du Nord – parmi eux la foudre, qui peut perturber le réseau électrique sur le site et à l'extérieur, ou encore la hausse des températures de la mer qui, dans les cas extrêmes, peut conduire à une baisse de puissance, voire à une mise à l'arrêt temporaire. Au cours de l'été 2018, les centrales nucléaires de Ringhals et Loviisa ont dû adapter leur production car la température de l'eau de refroidissement avait augmenté. En outre, si la mer se réchauffe, il y a d'autant plus de risques que des organismes marins obstruent les prises d'eau de refroidissement, comme ce fut le cas à la centrale d'Oskarshamn en 2005 et 2013, lorsque des méduses s'y étaient introduites » [2].





Évolution de la température maximale (°C).

Évolution du nombre de jours chauds consécutifs en juin-août (jours).

Évolution du nombre de nuits tropicales (nuits où la température reste supérieure à 20 °C).

Fig. 3. Projections des variations des indices climatiques en lien avec la température de la mer dans le cas d'un réchauffement climatique de + 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels [2].

Note : les points bleus indiquent les centrales nucléaires en exploitation.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

« Les effets potentiels des changements climatiques esquissés ci-dessus ne sont pas considérés comme des menaces pour la sûreté des centrales, du moins pas dans un proche avenir. On en tient surtout compte quand il est question de la rentabilité des centrales et de sécurisation de l'approvisionnement en électricité » [2]. Les effets de la hausse des températures de la mer peuvent être atténués par une augmentation de la capacité des échangeurs de chaleur. Dans certaines centrales, des mesures de surveillance, de filtration et d'élimination des organismes marins ont également été mises en place. De même, « pour protéger les installations contre la foudre, divers dispositifs ont été mis en place, tant au niveau des centrales que du réseau » [2]. En revanche, des solutions plus complexes, telles que l'installation de prises d'eau en profondeur (par exemple, à Loviisa), ne sont pas jugées économiquement viables à l'heure actuelle.

La centrale nucléaire de Palo Verde, dans le désert de l'Arizona aux États-Unis, offre un autre exemple intéressant de solutions. Même dans les scénarios de changements climatiques modérés, elle pourrait connaître, selon les estimations, environ 60 jours par an de températures extrêmes supérieures à 40 °C à la fin du siècle – chiffre qui monte à près de 100 jours dans les scénarios de réchauffement plus intense [30]. Dans un tel contexte, la centrale nucléaire de Palo Verde constitue un modèle unique en son genre, adapté pour résister à des conditions environnementales difficiles et pour fonctionner en utilisant notamment les eaux usées des stations d'épuration environnantes, qui lui permettent de réduire considérablement ses besoins en eau douce [3].



FLUX FINANCIERS, DÉVELOPPEMENT ET TRANSFERT DE TECHNOLOGIES ET RENFORCEMENT DES CAPACITÉS

9.

Les flux financiers actuels sont-ils compatibles avec un profil d'évolution vers un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques, conformément à l'Accord de Paris⁴ ? Les tendances actuelles en matière de financement de l'énergie nucléaire sont-elles satisfaisantes ?

L'AIE estime que pour concrétiser l'objectif zéro émission nette d'ici à 2050, il faudra plus que doubler les investissements dans le secteur mondial de l'électricité, pour atteindre plus de 2 000 milliards de dollars des États-Unis par an entre 2023 et 2030 [9, 34]. Plus précisément, il faudra multiplier les investissements annuels par près de 2,5 pour atteindre plus de 100 milliards de dollars des États-Unis à l'horizon 2030 et 2 000 milliards de dollars des États-Unis à l'horizon 2050 – principalement dans la région Asie-Pacifique (en particulier en Chine), en Europe et en Amérique du Nord [9].

Récemment, les tendances en matière d'investissements dans l'énergie nucléaire sont positives, ceux-ci étant passés d'environ 35 milliards de dollars des États-Unis entre 2017 et 2019 à presque 50 milliards en 2022 [34] grâce à la construction de nouveaux réacteurs en Chine, en Europe et au Pakistan, et à la rénovation et à la prolongation de la durée de vie d'autres réacteurs dans un certain nombre d'autres pays. Il sera nécessaire non seulement de maintenir mais également d'accélérer cette hausse des flux financiers pour répondre aux besoins d'investissement à l'horizon 2030 mis en lumière par l'AIE. Sur ce plan, des progrès marquants sont faits : des initiatives visant à mieux expliquer aux investisseurs les activités

qui sont compatibles avec les objectifs à long terme en matière de climat et de durabilité sont prises. Par exemple, les pouvoirs publics et le secteur financier adoptent des taxonomies d'investissements durables et d'autres cadres analogues pour mobiliser les capitaux privés et les orienter vers des investissements durables, y compris vers l'énergie nucléaire à faible émission de carbone. Ce point est traité plus en détail à la question 11.

Cependant, malgré ces progrès et d'autres avancées [35], la mobilisation des investissements nécessaires à la réalisation des objectifs de l'Accord de Paris reste une tâche ardue dans le contexte commercial et politique actuel. Récemment, par exemple, à l'heure de la guerre en Ukraine et de la pandémie de COVID-19, les politiques énergétiques nationales ont continué de financer la production et la consommation de combustibles fossiles : sur les 1 000 milliards de dollars des États-Unis correspondant aux fonds publics que les pays du G20 ont consacré aux investissements énergétiques dans leurs plans de relèvement après la pandémie, plus de 40 % étaient destinés aux énergies fossiles [36], ce qui nuit à la réalisation des objectifs de l'Accord de Paris. En comparaison, environ 12 milliards de dollars des États-Unis ont été investis dans l'énergie nucléaire, principalement au Canada, aux États-Unis d'Amérique, en France et au Royaume-Uni [2].



⁴ Article 2.1.c) de l'Accord de Paris : « Rendant les flux financiers compatibles avec un profil d'évolution vers un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques. »

10. Comment le développement et le transfert de technologies nucléaires et le renforcement des capacités dans les États Membres en développement contribuent-ils à améliorer la résilience face aux aléas climatiques et à en atténuer les effets⁵ ?

Il est essentiel d'instituer et de maintenir un système solide d'infrastructures institutionnelles, réglementaires, juridiques, industrielles et autres (sans oublier le capital humain) pour favoriser le transfert de technologies aux fins de la transition vers une énergie à faible émission de carbone (ainsi que des travaux de recherche-développement sur les nouvelles technologies). L'AIEA apporte un appui direct en ce sens en aidant ses États Membres à utiliser la science et la technologie nucléaires à des fins pacifiques et en facilitant le transfert durable de cette technologie et des connaissances nucléaires [37]. Elle a ainsi créé et mis en place une approche globale par étapes pour aider ceux qui envisagent ou prévoient de recourir à l'électronucléaire à transmettre des connaissances techniques pour former la main-d'œuvre aux fins de la transition énergétique et à asseoir sur une solide base scientifique les activités de réglementation, de planification et d'ordre stratégique, entre autres.

À titre d'exemple, les Émirats arabes unis ont fait de la mise en place d'un programme électronucléaire un élément clé de leurs mesures d'atténuation des changements climatiques [38]. Ils consolident à cette fin leur système d'enseignement technique et professionnel pour mieux former la main-d'œuvre dont ils auront besoin pour accélérer le déploiement de l'électronucléaire et d'autres technologies énergétiques propres [39, 40].

Depuis plus de quarante ans, l'AIEA aide aussi largement les États Membres à renforcer leurs capacités. Ce soutien, qu'elle apporte sous forme

de formations, d'une assistance technique et d'un transfert de technologies et de méthodes pour l'analyse et la planification de systèmes énergétiques durables, leur permet d'évaluer en quoi différentes technologies contribueront à satisfaire leurs besoins énergétiques et à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Par exemple, ces dix dernières années, elle a fourni une assistance technique à ses États Membres en Afrique pour améliorer les capacités locales de planification énergétique. Elle s'est notamment employée à créer des capacités et à transférer des outils et méthodes pour faciliter la mise en place d'équipes nationales de planification et les études de cas sur les systèmes d'échanges d'énergie électrique sous-régionaux. Plus récemment, elle a appuyé la création d'un plan directeur pour les systèmes électriques continentaux, en coopération avec l'Agence internationale pour les énergies renouvelables [41]. Les études de cas ont à leur tour montré les avantages de la coopération et du développement intégré d'options et de réseaux de production locaux, qui permettent d'améliorer l'accès aux services énergétiques, de soutenir le développement économique et de diminuer le prix de l'électricité. Ce modèle efficace de transfert de technologie a également été appliqué en Amérique latine et dans les Caraïbes entre 2015 et 2020, où l'AIEA a pu transmettre ses outils et méthodes à plus de 200 experts dans 15 pays pour faciliter des études menées à l'échelle sous-régionale sur l'énergie et l'atténuation des changements climatiques.



⁵ Article 10.1 de l'Accord de Paris : « Les Parties partagent une vision à long terme de l'importance qu'il y a à donner pleinement effet à la mise au point et au transfert de technologies de façon à accroître la résilience aux changements climatiques et à réduire les émissions de gaz à effet de serre. »

▲
Formation pratique à la centrale nucléaire de Zwentendorf (Autriche), qui n'a jamais été utilisée.

11. Quelles sont les mesures supplémentaires qui sont nécessaires pour faciliter les financements, le développement et le transfert de technologies et le renforcement des capacités aux fins de la réalisation des objectifs de l'Accord de Paris ? Quels sont les principaux obstacles et problèmes ? Quels sont également les possibilités, bonnes pratiques, enseignements et réussites ?

Compte tenu de l'ampleur des investissements nécessaires et de la mauvaise répartition actuelle des ressources financières, il est essentiel de fournir aux investisseurs des informations supplémentaires sur les activités compatibles avec les objectifs à long terme en matière de climat et de durabilité, dans le cadre des politiques et mesures à mettre en place pour assurer la transition vers une économie sobre en carbone.

Les taxonomies et autres cadres sont l'un des grands leviers des pouvoirs publics et du secteur financier pour mobiliser et guider les fonds privés vers des investissements durables. Ces cadres devraient s'appuyer sur un fondement scientifique solide et éviter les obstacles technologiques arbitraires. De bonnes pratiques relatives à l'énergie nucléaire – à savoir des critères objectifs, transparents et technologiquement neutres – ont été adoptées dans plusieurs taxonomies (voir tableau 2) et ont permis de mobiliser et d'orienter des investissements conformément aux objectifs de l'Accord de Paris tout en couvrant d'autres volets du développement durable.

Il sera en outre indispensable que le secteur public intervienne davantage et s'associe au secteur privé. Par exemple, il devra probablement coordonner et financer le développement d'infrastructures pour attirer des investissements privés et tirer pleinement parti du potentiel des marchés financiers [8]. Seront concernées les infrastructures tant matérielles (réseaux d'énergie, chaînes d'approvisionnement critiques, mesures d'adaptation physique) qu'immatérielles (cadres réglementaires et juridiques, capital humain). Le rôle de coordination revenant au secteur public et la nature des partenariats public-privé seront fonction de la conjoncture nationale et des mesures complémentaires.

Au-delà des initiatives engagées aux niveau national et régional et par le secteur privé et de l'appui stratégique, il sera primordial de renforcer la coopération financière à l'échelle internationale pour réussir la transition vers une économie sobre en carbone, car de nombreux pays en développement financent leurs projets énergétiques avec des fonds publics. Outre les promesses d'augmentation des

	ÉNERGIE NUCLÉAIRE INCLUSE	ÉNERGIE NUCLÉAIRE ACTUELLEMENT EXCLUE	CLASSIFICATION DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE À DÉTERMINER
Taxonomies et feuilles de route nationales et régionales de la finance durable	Chine, Fédération de Russie, Japon (implicite), Malaisie (implicite), Philippines, République de Corée, Union européenne	Afrique du Sud, ASEAN, Bangladesh, Canada, Colombie, Kazakhstan, Mongolie, Thaïlande	Chili, Indonésie, Singapour, Royaume-Uni En cours d'élaboration/d'examen : Inde, Mexique, Nouvelle-Zélande, République dominicaine, Sri Lanka, Viet Nam
Initiatives du secteur privé	Principes des obligations vertes (ICMA) (implicite)	Normes relatives aux obligations climat (CBI)	

L'AIEA aide ses États Membres à envisager l'option de l'énergie nucléaire dans leurs stratégies de décarbonation.



Tableau 2 : Exemples de taxonomies d'investissements durables incluant l'énergie nucléaire en 2022 [3].

financements publics en faveur des pays en développement faites au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, à hauteur de 100 milliards de dollars des États-Unis, il existe d'autres solutions pour faciliter l'implantation de marchés de capitaux locaux, augmenter les financements par l'intermédiaire des banques multilatérales de développement et des établissements spécialisés dans le financement de l'action climatique, et démultiplier les financements privés en recourant davantage aux garanties publiques. Certains gros obstacles auxquels se heurtent les pays en développement en matière de financement des projets d'énergie nucléaire peuvent être en partie aplanis si les banques de développement et banques vertes suivent une logique technologiquement neutre à l'heure de statuer sur le financement des infrastructures et de l'énergie propre [2, 42].

Outre la nécessité d'agir stratégiquement pour accélérer le déploiement à court terme

(à l'horizon 2030) de technologies à faible émission de carbone, sur le long terme, l'objectif zéro émission nette exigera également que les secteurs public et privé continuent d'investir dans la recherche-développement pour encourager l'innovation technologique – l'AIE estime que près de la moitié des réductions d'émissions réalisées à cette fin seront le fait de technologies qui ne sont pas encore commercialisées [18] – au profit des systèmes avancés d'énergie nucléaire. Autre point important pour éclairer les travaux de recherche-développement et la politique énergétique au sens large : l'évaluation fiable des trajectoires de décarbonation à long terme, comme celles publiées par l'AIE [43] et le GIEC [15]. Il faut absolument améliorer la représentation des solutions à faible émission de carbone dans ces évaluations pour pouvoir déterminer les principales technologies d'atténuation et trajectoires peu onéreuses qui permettront de concrétiser l'objectif zéro émission nette [17].



Il sera essentiel de renforcer la coopération financière internationale pour effectuer la transition vers une économie sobre en carbone.



Des investissements publics et privés continus dans la recherche-développement seront nécessaires sur le long terme pour atteindre l'objectif zéro émission nette.

ASPECTS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX, ET PERTES ET PRÉJUDICES

12 Comment l'énergie nucléaire peut-elle aider à faire face aux conséquences sociales et économiques des politiques et mesures d'atténuation ?

Selon une analyse du Fonds monétaire international, les investissements dans les énergies à faible émission de carbone réalisés dans le cadre des politiques d'atténuation peuvent réellement doper l'économie [44]. « On estime que le multiplicateur d'investissement – soit la variation de l'activité économique (PIB) divisée par la variation des dépenses d'investissement – pour l'énergie nucléaire est environ six fois plus important que celui pour les énergies fossiles, et environ trois fois plus important que celui pour les énergies renouvelables sur le court terme, signe d'une stimulation rapide de l'économie (voir Fig. 4). On estime en outre que les investissements dans l'énergie nucléaire stimulent (ou "attirent") davantage d'investissements dans d'autres secteurs de l'économie et se traduisent par "une plus forte création d'emplois hautement et faiblement qualifiés" [44] par unité de dépense par rapport à d'autres sources d'énergie peu polluantes.

« À court terme, les investissements dans les projets visant à prolonger la durée de vie des centrales nucléaires existantes peuvent se matérialiser rapidement et à grande échelle, ce qui stimulera sensiblement l'activité économique et l'emploi, tout en permettant de proposer une électricité à faible émission de carbone à un prix concurrentiel [45]. D'un point de vue quantitatif, le fait de passer la durée de vie des centrales nucléaires de 40 à 60 ans permettrait de conserver 95 gigawatts (GW) d'énergie à faible émission de carbone jusqu'en 2025, et 90 GW supplémentaires jusqu'en 2030 [46, 47]. Sachant que le coût d'investissement est estimé à 650 dollars des États-Unis par kilowatt pour les projets de prolongation dans la plupart des pays d'Europe et aux États-Unis, le coût total d'investissement serait d'environ 120 milliards de dollars sur les dix prochaines années et jusqu'à 370 000 emplois seraient créés [6, 45, 48, 49] » [2].

Multiplicateur de l'impact des investissements dans l'énergie



▲
Fig. 4. Multiplicateurs des investissements verts dans l'énergie nucléaire et dans d'autres sources d'énergie [2, 44].

411 %
nucléaire

119 %
énergies
renouvelables

65 %
énergies
fossiles

13.

Comment l'énergie nucléaire peut-elle également éviter et réduire au minimum les pertes et préjudices associés aux effets néfastes des changements climatiques ? Quelles mesures supplémentaires faut-il adopter pour renforcer les efforts déployés en ce sens ?

Les pays sont de plus en plus conscients que l'énergie nucléaire peut aider à atténuer les effets néfastes des changements climatiques et à améliorer la résilience, tout en garantissant un approvisionnement énergétique fiable et sûr – élément essentiel à un développement durable. Outre les 30 pays qui planifient ou mettent en œuvre plus ou moins rapidement des mesures tirant parti des possibilités d'atténuation considérables de l'énergie nucléaire dans le cadre de leurs CDN et de leurs stratégies à long terme (voir la réponse à la question 3), environ 15 pays parmi les moins avancés envisagent sérieusement ou mettent en œuvre un programme électronucléaire. On peut encore redoubler d'efforts en renforçant davantage les capacités (notamment de planification énergétique et de développement des infrastructures nucléaires), en améliorant le transfert de technologies et en augmentant les financements.

Les pays prennent de plus en plus conscience des liens entre l'action climatique et d'autres aspects du développement durable.



Les investissements dans l'énergie à faible émission de carbone réalisés dans le cadre des stratégies d'atténuation peuvent réellement doper l'économie.

QUESTIONS TRANSECTORIELLES

14. Comment les considérations relatives à la justice et à l'équité sont-elles prises en compte dans les CDN ?

L'AIEA s'emploie, en partenariat avec d'autres organismes des Nations Unies, des organisations intergouvernementales et non gouvernementales et des experts, à aider les pays à revoir et à améliorer leurs CDN, et notamment à concevoir des stratégies justes et équitables de transition vers des systèmes énergétiques à faible émission de carbone.



15. En quoi les mesures d'atténuation et d'adaptation fondées sur l'énergie nucléaire prennent-elles en considération et favorisent-elles l'égalité des genres, l'égalité intergénérationnelle et l'autonomisation des femmes ?

Les mesures d'atténuation fondées sur l'énergie nucléaire aident d'emblée à progresser sur la voie de l'égalité des genres et de l'autonomisation des femmes, qui sont indissociables du secteur de l'énergie nucléaire – et à promouvoir ces objectifs. Conscients des avantages que la diversité des genres apporte dans le milieu professionnel, l'AIEA, ses États Membres, le secteur industriel et les organisations non gouvernementales s'emploient à encourager les femmes à s'intéresser au génie nucléaire, à la science nucléaire et aux professions liées au nucléaire. C'est ainsi qu'en partenariat avec l'Union européenne et par

l'intermédiaire de son programme de bourses Marie Skłodowska-Curie, l'AIEA s'efforce d'augmenter le nombre de femmes dans le domaine nucléaire pour le doter d'une main-d'œuvre ouverte à tous, dans la diversité, à même de stimuler l'innovation scientifique et technologique dans le monde [50]. Le Royaume-Uni offre, quant à lui, un modèle d'intégration claire de stratégies et d'objectifs visant concrètement à améliorer la diversité, l'égalité des genres et la participation des femmes dans le secteur du nucléaire via des accords de partenariats entre l'État et l'industrie [51].



16. Dans quelle mesure les pays reconnaissent-ils qu'il est nécessaire d'aborder d'autres aspects du développement durable, comme la préservation de l'intégrité de tous les écosystèmes et la protection de la biodiversité, aux fins de la réalisation de l'objet de l'Accord de Paris et de ses buts à long terme ?

Les pays constatent de plus en plus qu'il existe des liens (qu'il s'agisse de synergies ou d'échanges) entre l'action climatique et d'autres aspects du développement durable, dont la protection des écosystèmes (notamment des océans) (objectifs de développement durable 14 et 15). Certains de ces liens déterminent les options d'atténuation disponibles pour les transitions vers des énergies propres [8]. Pour tenir compte de ces interactions et préserver l'intégrité de tous les écosystèmes, y compris les océans, et protéger la biodiversité, les stratégies de décarbonation à long terme du secteur de l'énergie tiennent de plus en plus compte du cycle de vie [52]. L'analyse du cycle de vie peut prendre

en compte les incidences de la production, de l'utilisation et de la mise au rebut des technologies énergétiques grâce à une large gamme d'indicateurs environnementaux et de durabilité (par exemple, l'eutrophisation, l'acidification ou encore l'écotoxicité, en faisant la distinction entre les incidences sur l'environnement terrestre, dulçaquicole et marin). C'est un aspect essentiel si l'on veut déterminer et concevoir des stratégies permettant de gérer ou d'éviter les effets préjudiciables pour les écosystèmes et la biodiversité que pourraient avoir les transitions vers des énergies propres, d'autant plus que plusieurs technologies énergétiques propres ont des effets relativement importants (voir Fig. 5).

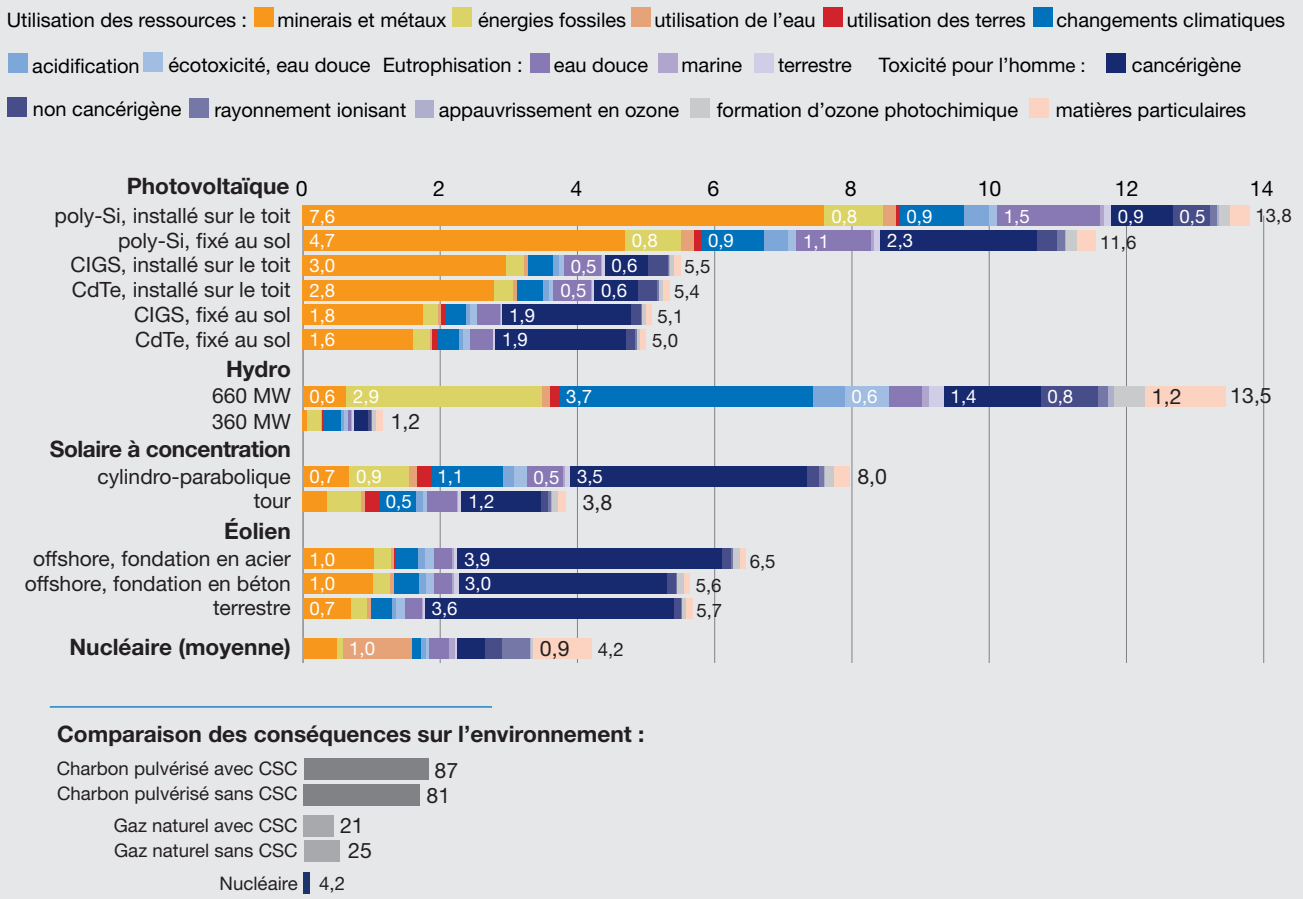



Fig. 5. Effets normalisés et pondérés des technologies renouvelables et nucléaires sur le cycle de vie à partir de la production d'un kilowatt-heure en Europe en 2020, d'après les données tirées de la réf. [51].

Note : poly-Si, CIGS et CdTe renvoient aux types de cellules photovoltaïques.



L'AIEA exécute également des activités de surveillance du climat dans le cadre de recherches menées dans ses propres laboratoires et par l'intermédiaire de grands réseaux d'établissements de recherche, d'universités et de laboratoires de référence.



En Argentine comme dans de nombreuses autres régions du monde, l'eau est menacée par la surexploitation et la contamination. Pour la protéger, les scientifiques l'analysent jusque dans ses plus infimes détails à l'aide de la technologie nucléaire.

16. En quoi l'AIEA contribue-t-elle directement à l'objet et aux buts à long terme de l'Accord de Paris ?

Bien que n'étant pas Partie à l'Accord de Paris, l'AIEA contribue à son objet et à ses buts en encourageant une utilisation efficiente, sûre, sécurisée et durable de l'électronucléaire. En ce sens, elle « appuie les programmes nucléaires en cours et nouveaux à travers le monde, [...] stimule l'innovation et [...] participe au renforcement des capacités dans les domaines de l'analyse et de la planification énergétiques, et de la gestion des informations et des connaissances ayant trait au nucléaire » [53]. Elle exécute également des activités d'adaptation aux changements climatiques et de surveillance du climat, par exemple dans le cadre de recherches menées dans ses propres laboratoires et par l'intermédiaire

de grands réseaux d'établissements de recherche, d'universités et de laboratoires de référence. Une fois contrôlées, les technologies et techniques nucléaires pertinentes sont transférées aux pays, en particulier aux pays en développement, grâce à son programme de coopération technique – principal mécanisme dont elle dispose pour les aider à répondre aux grandes priorités en matière de développement. Ces dix dernières années, l'AIEA a appuyé près de 500 projets concernant l'adaptation aux changements climatiques dans plus de 100 pays à travers le monde, apportant une aide financière de plus de 110 millions d'euros [54].

**L'AIEA a appuyé près de
500 projets concernant
l'adaptation aux
changements climatiques
dans plus de 100
pays à travers le monde.**



- [1] CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Global Stocktake*, Global Stocktake (2023),
<https://unfccc.int/topics/global-stocktake>
- [2] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Nuclear Energy for a Net Zero World* (2021),
<https://www.iaea.org/sites/default/files/21/10/nuclear-energy-for-a-net-zero-world.pdf>
- [3] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Climate Change and Nuclear Power 2022: Securing clean energy for climate resilience* (2022),
<https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea-ccnp2022-body-web.pdf>.
- [4] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Nuclear Power and Secure Energy Transitions* (2022),
<https://www.iaea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions>
- [5] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Système d'information sur les réacteurs de puissance (2023),
<https://pris.iaea.org/pris/>
- [6] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Nuclear Power in a Clean Energy System* (2019),
<https://www.iaea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>
- [7] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*, Reference Data Series No. 1, AIEA, Vienne (2022).
- [8] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (2022),
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>
- [9] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *World Energy Outlook 2022* (2022),
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022?language=fr>
- [10] PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Rapport 2022 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions (2022),
<https://www.unep.org/fr/resources/rapport-2022-sur-lecart-entre-les-besoins-et-les-perspectives-en-matiere-de-reduction-des>
- [11] CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Communication of long-term strategies* (2023),
<https://unfccc.int/fr/node/520>
- [12] CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *NDC Registry* (2023),
www.unfccc.int/NDCREG
- [13] MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DE CORÉE, Énergie nucléaire incluse dans le « Système coréen de classification verte »... CDN révisé (2022),
www.gov.kr/portal/ntnadmNews/3088371?srchOrgCd=1480000

RÉFÉRENCES

- [14] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *CO2 Emissions from Fuel Combustion Statistics : Greenhouse Gas Emissions from Energy* (2022), https://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-co2-emissions-from-fuel-combustion-statistics_co2-data-en
- [15] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Potential Role of Nuclear Energy in National Climate Change Mitigation Strategies*, AIEA-TECDOC-1984, AIEA, Vienne (2021).
- [16] RIAHI, K., et al., "Mitigation pathways compatible with long-term goals" *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2022).
- [17] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE 2023, *Nuclear Energy in Mitigation Pathways to Net Zero*, AIEA, Vienne (2023).
- [18] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Energy Technology Perspectives*, Agence internationale de l'énergie, Paris (2020).
- [19] EMIRATES WATER AND ELECTRICITY COMPANY, communication personnelle, 2022.
- [20] WORLD NUCLEAR NEWS, *Chinese nuclear plant starts supplying industrial heating* (2022), <https://world-nuclear-news.org/Articles/Chinese-nuclear-plant-starts-supplying-industrial>
- [21] WORLD NUCLEAR NEWS 2023, *China starts building long-distance nuclear heating pipeline* (2023), <https://world-nuclear-news.org/Articles/China-starts-building-long-distance-nuclear-heatin>
- [22] CHINA NATIONAL NUCLEAR CORPORATION, communication personnelle, 2021.
- [23] UK DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, *Nuclear Sector Deal*, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Londres (2018).
- [24] UK DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, *Contracts for Difference*, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Londres (2020).
- [25] OFFICE OF GAS AND ELECTRICITY MARKETS, *Capacity Market (CM) Rules*, Office of Gas and Electricity Markets, Londres (2020).
- [26] INFRASTRUCTURE AND PROJECTS AUTHORITY AND HM TREASURY, *UK Guarantees Scheme, Infrastructure and Projects Authority and HM Treasury*, Londres (2017).
- [27] UK DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, *RAB Model for Nuclear: Government Response to the Consultation on a RAB Model for New Nuclear Projects*, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Londres (2020).
- [28] HM GOVERNMENT, *The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution*, HM Government, Londres (2020).
- [29] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

- [30] GUTIÉRREZ, J.M., et al., IPCC WGI Interactive Atlas, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), <http://interactive-atlas.ipcc.ch/>
- [31] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Nuclear Energy in Climate Resilient Power Systems*, AIEA, Vienne (2023).
- [32] AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DE L'OCDE, *Climate Change: Assessment of the Vulnerability of Nuclear Power Plants and Approaches for their Adaptation*, Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, Paris (2021).
- [33] UNGER, T., KJELLSTRÖM, E., GODE, J., STRANDBERG, G., *The Impact of Climate Change on Nuclear Power*, Energiforsk, Stockholm (2021).
- [34] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *World Energy Investment 2022*, Agence internationale de l'énergie, Paris (2023).
- [35] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE 2021, *Transitions to Low-carbon Electricity Systems: Key Economic and Investment Trends Changing Course in a Post-pandemic World* (2021), <https://www.iaea.org/sites/default/files/21/06/transitions-to-low-carbon-electricity-systems-changing-course-in-a-post-pandemic-world.pdf>
- [36] ENERGY POLICY TRACKER, G20 Countries, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg (2023).
- [37] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Technologie nucléaire et applications* (2023), <https://www.iaea.org/topics/nuclear-technology-and-applications>
- [38] CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Updated Second Nationally Determined Contribution of the United Arab Emirates* (2022), <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/UAE%20Second%20NDC%20-%20UNFCCC%20Submission%20-%20English%20-%20FINAL.pdf>
- [39] SECRÉTARIAT DU COMITÉ NATIONAL DES EAU SUR LES ODD, *UAE and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Excellence in Implementation*, Comité national sur les objectifs de développement durable (2017), https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/20161UAE_SDGs_Report_Full_English.pdf
- [40] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE 2018, *IAEA Reviews UAE's Nuclear Power Infrastructure Development* (2018), <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-reviews-uaes-nuclear-power-infrastructure-development>
- [41] IRENA ET AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *IRENA and IAEA to Help African Union Develop Continental Power Master Plan with EU support* (2021), <https://www.irena.org/News/articles/2021/Sep/IRENA-and-IAEA-Selected-to-Help-African-Union-Develop-Continental-Power-Master-Plan-with-EU-support>

RÉFÉRENCES

- [42] WORLD NUCLEAR NEWS, *Viewpoint: Financing nuclear projects in developing countries* (2020), www.world-nuclear-news.org/Articles/Viewpoint-Financing-nuclear-projects-in-developing
- [43] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Net Zero in 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Agence internationale de l'énergie, Paris (2021).
- [44] BATINI, N. et al., *Building Back Better: How Big Are Green Spending Multipliers?* document de travail du FMI WP/21/87, Fonds monétaire international, Washington, DC (2021).
- [45] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Projected Costs of Generating Electricity* (2020), <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020>
- [46] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Nuclear Power Reactors in the World*, Reference Data Series No. 2, AIEA, Vienne (2021).
- [47] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Climate Change and Nuclear Power 2020* (2020), https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1911_web.pdf
- [48] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Sustainable Recovery, World Energy Outlook Special Report*, Agence internationale de l'énergie, Paris (2020).
- [49] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Nuclear Power and Secure Energy Transitions*, Agence internationale de l'énergie, Paris (2022).
- [50] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Programme de bourses Marie Skłodowska-Curie de l'AIEA* (2023), <https://www.iaea.org/services/key-programmes/iaea-marie-sklodowska-curie-fellowship-programme>
- [51] DEPARTMENT FOR ENERGY SECURITY AND NET ZERO, DEPARTMENT FOR BUSINESS AND TRADE, AND DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, *Nuclear Sector Deal*, Department for Energy Security and Net Zero and Department for Business and Trade, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Londres (2018).
- [52] COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE, *Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources*, Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, Genève (2022).
- [53] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Énergie* (2023), <https://www.iaea.org/fr/themes/energie-nucleaire>
- [54] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Nuclear Science and Technology for Climate Change Mitigation, Adaptation and Monitoring* (2022), <https://www.iaea.org/sites/default/files/22/10/nuclear-science-and-technology-for-climate-change-mitigation-adaptation-and-monitoring.pdf>

Note de l'éditeur :

La présente publication a été éditée par l'équipe rédactionnelle de l'AIEA dans la mesure jugée nécessaire pour en faciliter la lecture. Elle ne traite pas des questions de la responsabilité, qu'elle soit juridique ou autre, résultant d'actes ou omissions imputables à une quelconque personne.

Les orientations et les recommandations fournies dans la présente publication en ce qui concerne les bonnes pratiques répertoriées représentent l'opinion des experts et ne sont pas le fruit d'un consensus entre tous les États Membres.

Bien que l'exactitude des informations contenues dans la présente publication ait fait l'objet d'un soin particulier, ni l'AIEA ni ses États Membres n'assument une quelconque responsabilité pour les conséquences éventuelles de leur utilisation.

L'emploi d'appellations particulières pour désigner des pays ou des territoires n'implique de la part de l'éditeur, l'AIEA, aucune prise de position quant au statut juridique de ces pays ou territoires, ou de leurs autorités et institutions, ni quant au tracé de leurs frontières.

La mention de noms de sociétés ou de produits particuliers (qu'ils soient ou non signalés comme marques déposées) n'implique aucune intention d'empiéter sur les droits de propriété, et ne doit pas être considérée non plus comme valant approbation ou recommandation de la part de l'Agence.

L'AIEA n'assume aucune responsabilité quant à la persistance ou l'exactitude des adresses URL de sites internet externes ou de tiers mentionnées dans la présente publication et ne peut garantir que le contenu desdits sites est ou demeurera exact ou approprié.

Les États ci-après sont Membres de l'Agence internationale de l'énergie atomique :

AFGHANISTAN	GÉORGIE	PAYS-BAS
AFRIQUE DU SUD	GHANA	PÉROU
ALBANIE	GRÈCE	PHILIPPINES
ALGÉRIE	GRENADE	POLOGNE
ALLEMAGNE	GUATEMALA	PORTUGAL
ANGOLA	GUINÉE	QATAR
ANTIGUA-ET-BARBUDA	GUYANA	RÉPUBLIQUE ARABE
ARABIE SAOUDITE	HAÏTI	SYRIENNE
ARGENTINE	HONDURAS	RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE
ARMÉNIE	HONGRIE	RÉPUBLIQUE DE MOLDOVA
AUSTRALIE	ÎLES MARSHALL	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE
AUTRICHE	INDE	DU CONGO
AZERBAÏDJAN	INDONÉSIE	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE
BAHAMAS	IRAN, RÉP. ISLAMIQUE D'	POPULAIRE LAO
BAHREÏN	IRAQ	RÉPUBLIQUE DOMINICAINE
BANGLADESH	IRLANDE	RÉPUBLIQUE TCHÈQUE
BARBADE	ISLANDE	RÉPUBLIQUE-UNIE
BÉLARUS	ISRAËL	DE TANZANIE
BELGIQUE	ITALIE	ROUMANIE
BELIZE	JAMAÏQUE	ROYAUME-UNI
BÉNIN	JAPON	DE GRANDE-BRETAGNE
BOLIVIE, ÉTAT	JORDANIE	ET D'IRLANDE DU NORD
PLURINATIONAL DE	KAZAKHSTAN	RWANDA
BOSNIE-HERZÉGOVINE	KENYA	SAINTE-LUCIE
BOTSWANA	KIRGHIZISTAN	SAINT-KITTS-ET-NEVIS
BRÉSIL	KOWEÏT	SAINT-MARIN
BRUNÉI DARUSSALAM	LESOTHO	SAINT-SIÈGE
BULGARIE	LETTONIE	SAINT-VINCENT-ET-LES-
BURKINA FASO	LIBAN	GRENADINES
BURUNDI	LIBÉRIA	SAMOA
CABO VERDE	LIBYE	SÉNÉGAL
CAMBODGE	LIECHTENSTEIN	SERBIE
CAMEROUN	LITUANIE	SEYCHELLES
CANADA	LUXEMBOURG	SIERRA LEONE
CHILI	MACÉDOINE DU NORD	SINGAPOUR
CHINE	MADAGASCAR	SLOVAQUIE
CHYPRE	MALAISIE	SLOVÉNIE
COLOMBIE	MALAWI	SOUDAN
COMORES	MALI	SRI LANKA
CONGO	MALTE	SUÈDE
CORÉE, RÉPUBLIQUE DE	MAROC	SUISSE
COSTA RICA	MAURICE	TADJIKISTAN
CÔTE D'IVOIRE	MAURITANIE	TCHAD
CROATIE	MEXIQUE	THAÏLANDE
CUBA	MONACO	TOGO
DANEMARK	MONGOLIE	TONGA
DJIBOUTI	MONTÉNÉGRE	TRINITÉ-ET-TOBAGO
DOMINIQUE	MOZAMBIQUE	TUNISIE
ÉGYPTE	MYANMAR	TÜRKIYE
EL SALVADOR	NAMIBIE	TURKMÉNISTAN
ÉMIRATS ARABES UNIS	NÉPAL	UKRAINE
ÉQUATEUR	NICARAGUA	URUGUAY
ÉRYTHRÉE	NIGER	VANUATU
ESPAGNE	NIGÉRIA	VENEZUELA,
ESTONIE	NORVÈGE	RÉP. BOLIVARIENNE DU
ESWATINI	NOUVELLE-ZÉLANDE	VIET NAM
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	OMAN	YÉMEN
ÉTHIOPIE	UGANDA	ZAMBIE
FÉDÉRATION DE RUSSIE	OUZBÉKISTAN	ZIMBABWE
FIDJI	PAKISTAN	
FINLANDE	PALAOS	
FRANCE	PANAMA	
GABON	PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE	
GAMBIE	PARAGUAY	

Le Statut de l'Agence a été approuvé le 23 octobre 1956 par la Conférence sur le Statut de l'AIEA, tenue au Siège de l'Organisation des Nations Unies, à New York ; il est entré en vigueur le 29 juillet 1957. L'Agence a son Siège à Vienne. Son principal objectif est « de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier ».

DROIT D'AUTEUR

Toutes les publications scientifiques et techniques de l'AIEA sont protégées par les dispositions de la Convention universelle sur le droit d'auteur adoptée en 1952 (Berne) et révisée en 1972 (Paris). Depuis, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (Genève) a étendu le droit d'auteur à la propriété intellectuelle sous forme électronique et virtuelle.

La reproduction totale ou partielle des textes contenus dans les publications de l'AIEA sous forme imprimée ou électronique est soumise à autorisation préalable et habituellement au versement de redevances. Les propositions de reproduction et de traduction à des fins non commerciales sont les bienvenues et examinées au cas par cas.

Les demandes doivent être adressées à la Section d'édition de l'AIEA :

Unité de la promotion et de la vente,

Section d'édition

Agence internationale de l'énergie atomique

Centre international de Vienne

B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

tél. : +43 1 2600 22417

mél. : sales.publications@iaea.org

www.iaea.org/publications

© IAEA, 2024

Imprimé par l'AIEA en Autriche, mars 2024

IAEA/PAT/002

Catalogage à la source par la Bibliothèque de l'AIEA

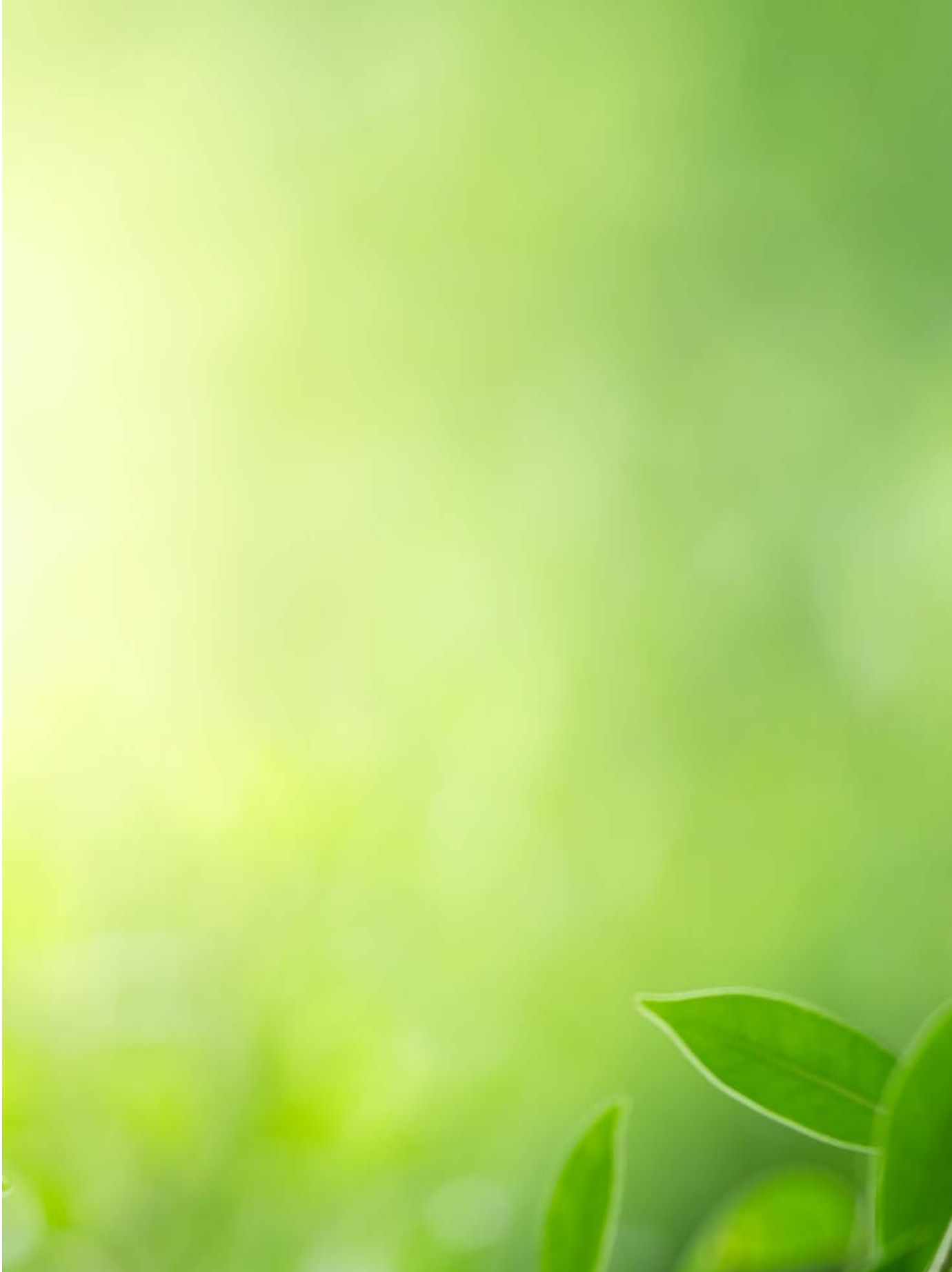
Nom : Agence internationale de l'énergie atomique.

Titre : Énergie nucléaire et changements climatiques : questions et réponses sur les progrès, les problèmes et les perspectives / Agence internationale de l'énergie atomique.

Description : Vienne : Agence internationale de l'énergie atomique, 2024 | Comprend des références bibliographiques.

Objets : LCSH : Énergie nucléaire – Changements climatiques. | Énergie nucléaire – Aspects environnementaux. | Atténuation des changements climatiques.

Catégorie : UDC 621.039:504 | IAEA/PAT/002



24-00233F