

**Commission économique pour l'Europe**

Comité de l'énergie durable

**Groupe d'experts des systèmes de production
moins polluante d'électricité****Vingtième session**

Genève, 16-17 septembre 2024

Point 5 de l'ordre du jour provisoire

**Établir des conditions propices à une transformation
efficace des systèmes électriques****Établir des conditions propices à une transformation
efficace des systèmes électriques****Note du secrétariat***Résumé*

Les réseaux électriques jouent un rôle essentiel dans la transition vers une énergie propre et durable, car ils facilitent l'intégration des sources d'énergie renouvelable dans les systèmes et apportent la flexibilité nécessaire à la gestion du caractère variable de ces sources. Ils s'appuient sur les technologies de stockage pour équilibrer l'offre et la demande et assurer un transport efficace de l'électricité depuis les sources de production jusqu'aux utilisateurs finaux, grâce à l'utilisation de technologies intelligentes telles que les compteurs communicants et l'automatisation. Le présent document fournit aux décideurs, aux organismes de régulation et aux autres parties prenantes une vue d'ensemble des étapes à suivre pour transformer les systèmes électriques et les rendre plus durables, efficaces et résilients.

Pour y parvenir, il faudra engager des investissements importants, réformer les cadres réglementaires obsolètes et renforcer la résilience des infrastructures vieillissantes face aux changements climatiques et aux cybermenaces. Il est urgent de moderniser les réseaux afin d'y intégrer des technologies intelligentes, de gérer les ressources énergétiques décentralisées et de répondre à la demande croissante d'électricité émanant de secteurs tels que les transports et le chauffage. Les exemples de réussite soulignent l'importance de réformes réglementaires coordonnées, d'une structuration innovante des marchés et de mécanismes de financement pérennes. Il est essentiel d'associer les différentes parties prenantes et d'harmoniser les politiques pour surmonter les obstacles et assurer une transition équitable et inclusive vers des systèmes énergétiques durables.



I. Introduction

1. Les réseaux électriques jouent un rôle crucial en facilitant la transition vers des énergies propres et durables. Ils permettent l'intégration dans les systèmes électriques des sources d'énergie renouvelable telles que le solaire et l'éolien, et apportent la flexibilité nécessaire à la gestion du caractère variable de ces sources, ce qui permet d'assurer que le consommateur bénéficie d'un approvisionnement fiable. Les réseaux favorisent également le déploiement de technologies qui permettent de stocker l'énergie renouvelable excédentaire lorsque l'offre dépasse la demande et de la restituer au moment opportun. Ils permettent d'assurer un transport efficace de l'électricité depuis les sources de production jusqu'aux utilisateurs finaux en minimisant les pertes et en maximisant l'utilisation des ressources renouvelables. Le déploiement de technologies intelligentes telles que les compteurs communicants et les outils d'automatisation des réseaux peut encore améliorer l'efficacité et la fiabilité des réseaux électriques.
2. On trouvera dans le présent document une description des étapes à suivre pour transformer les systèmes électriques et les rendre plus durables, efficaces et résilients. L'objectif est de fournir aux décideurs, aux organismes de régulation, aux fournisseurs de services publics de distribution et aux autres parties prenantes une vue d'ensemble qui leur permette de s'orienter dans le processus complexe de transformation des systèmes électriques, qui s'inscrit dans des objectifs d'ensemble en matière d'énergie et de climat.
3. Le présent document pourrait servir à lancer les prochaines étapes et à élaborer, à l'intention des décideurs et des parties prenantes, des principes directeurs relatifs à l'instauration de conditions propices à la transformation des systèmes électriques et à une transition juste.

II. Réseaux électriques et transition énergétique

4. À l'ère des transitions vers les énergies propres, on ne saurait surestimer l'importance des réseaux électriques. Comme l'a souligné l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans ses rapports intitulés « Electricity Grids and Secure Energy Transitions »¹ et « Electricity 2024 »², les réseaux constituent l'épine dorsale des systèmes électriques actuels et jouent un rôle crucial dans la transition vers des énergies propres et durables. Cependant, en dépit de cela, ils ne bénéficient souvent pas de l'attention et des investissements requis pour appuyer la forte croissance des besoins en électricité et le déploiement des énergies renouvelables.
5. L'importance croissante de l'électricité dans la société et l'économie souligne le rôle essentiel que jouent les réseaux en connectant les nouvelles sources d'approvisionnement telles que les installations d'énergies renouvelables pour répondre à l'augmentation de la demande. À défaut d'une infrastructure de réseau adéquate, il existe un risque réel que les initiatives en matière d'énergie propre se heurtent à des obstacles importants et ne puissent progresser.
6. Au regard des objectifs nationaux en matière d'énergie et de climat, on estime que la demande mondiale d'électricité devrait augmenter de 20 % au cours de la prochaine décennie³. Cette croissance exponentielle souligne la nécessité impérieuse d'étendre et de moderniser considérablement les réseaux afin de répondre à l'augmentation prévue de la consommation.
7. L'un des principaux défis auxquels sont confrontés tous les pays est le montant substantiel de l'investissement requis pour étendre ou remettre en état d'ici à 2040 des

¹ Agence internationale de l'énergie (AIE), 2023, « Electricity Grids and Secure Energy Transitions », Paris, disponible à l'adresse <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ea2ff609-8180-4312-8de9-494bcf21696d/ElectricityGridsandSecureEnergyTransitions.pdf>.

² AIE, 2024, « Electricity 2024 », Paris, disponible à l'adresse <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>.

³ Ibid.

réseaux qui totalisent actuellement 80 millions de kilomètres⁴. Cette tâche équivaut à une refonte complète des infrastructures existantes et souligne l'urgence d'accroître les investissements à l'échelle mondiale.

8. Afin d'atteindre les objectifs climatiques nationaux et de favoriser des transitions énergétiques durables, il est impératif que les investissements dans les réseaux électriques doublent d'ici à 2030 pour dépasser la barre des 600 milliards de dollars des États-Unis par an⁵. Ces investissements devraient concerner en priorité la transition numérique et la modernisation des réseaux de distribution afin de renforcer leur efficacité, leur fiabilité et leur résilience dans un contexte de croissance de la demande.

9. Par ailleurs, on s'accorde de plus en plus à reconnaître que pour favoriser la transformation des systèmes électriques, il faudrait intensifier considérablement la recherche-développement (R-D) dans les domaines des technologies énergétiques innovantes, des stratégies d'intégration au réseau et de l'amélioration de la structuration des réseaux.

10. En outre, on ne saurait trop insister sur l'importance du partage des connaissances et de la diffusion des pratiques exemplaires. En s'inspirant des transformations réussies dans d'autres pays et en tirant parti des enseignements tirés de l'expérience, les pays peuvent accélérer leur transition vers des énergies durables et sûres.

III. Questions et défis liés à une transformation efficace des systèmes électriques

11. Il est indispensable de moderniser et d'étendre les réseaux si l'on veut intégrer les sources d'énergie renouvelable et répondre à la demande croissante d'électricité. Aux États-Unis, par exemple, l'American Society of Civil Engineers, dans son rapport intitulé « 2021 Report Card for America's Infrastructure », a attribué la note C- à l'infrastructure énergétique nationale, en soulignant qu'il était urgent d'investir dans la modernisation, la rénovation et la pérennité des réseaux⁶. Le défi consiste à moderniser des infrastructures vieillissantes, à mettre en œuvre des technologies intelligentes et à améliorer la flexibilité des réseaux afin d'appuyer la transition vers un avenir énergétique propre.

12. La transition vers des systèmes énergétiques durables nécessite des investissements considérables. Selon l'AIE, les investissements mondiaux dans le domaine de l'énergie ont diminué de 20 % en 2020, cette baisse touchant également le secteur de l'électricité⁷. Il demeure difficile, en particulier dans les pays en développement où les ressources financières sont limitées, de financer les projets d'énergie renouvelable, la modernisation des réseaux et la recherche.

13. Des réglementations incohérentes ou obsolètes peuvent également créer des obstacles au déploiement de nouvelles technologies et entraver la transformation des systèmes énergétiques. La complexité des cadres réglementaires régionaux et nationaux peut entraver l'investissement dans les projets d'énergie propre et les solutions innovantes. Pour parvenir à une transformation efficace, il est essentiel de rationaliser les réglementations, de clarifier les politiques et de mettre en place des cadres propices au développement.

14. La résilience et la fiabilité des réseaux électriques sont de plus en plus menacées par les changements climatiques, les cybermenaces et le vieillissement des infrastructures. Les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les ouragans, les incendies de forêt et les vagues de chaleur peuvent perturber l'approvisionnement en électricité et endommager les infrastructures. Pour garantir un approvisionnement ininterrompu, il est essentiel de renforcer

⁴ Voir <https://www.iea.org/commentaries/the-clean-energy-economy-demands-massive-integration-investments-now>.

⁵ Voir <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions/executive-summary>.

⁶ Voir <https://infrastructurereportcard.org/>.

⁷ AIE, 2020, « World Energy Investment 2020 », Paris, disponible à l'adresse <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ef8ffa01-9958-49f5-9b3b-7842e30f6177/WEI2020.pdf>.

la résilience des réseaux et d'améliorer la cybersécurité et la gestion décentralisée des ressources énergétiques.

15. L'intégration des ressources énergétiques décentralisées, notamment l'énergie solaire photovoltaïque, l'énergie éolienne et l'énergie stockée, soulève des difficultés techniques pour les opérateurs de réseaux, qui doivent mettre en œuvre des solutions de pointe pour gérer la variabilité et l'intermittence des sources d'énergie renouvelable, optimiser le fonctionnement des réseaux et veiller à la stabilité des systèmes. Certains pays, par exemple l'Allemagne, sont en pointe en matière d'intégration des ressources énergétiques décentralisées, car ils ont modernisé leurs réseaux et mis en place des programmes permettant de répondre aux variations de la demande.

16. L'électrification des secteurs des transports et du chauffage se poursuit sous l'impulsion de la transition vers les véhicules électriques et les pompes à chaleur. La gestion de la demande accrue d'électricité émanant de ces secteurs pose des défis en matière de planification du réseau, de modernisation des infrastructures et de gestion de la charge. Des pays comme la Norvège et les Pays-Bas sont à la pointe en matière d'adoption des véhicules électriques, ce qui démontre la nécessité d'une planification coordonnée pour appuyer les efforts d'électrification.

17. La transition numérique des systèmes électriques génère de grandes quantités de données dont le traitement nécessite la mise en place de systèmes de gestion performants. Les technologies de réseaux intelligents et les compteurs communicants produisent en temps réel des données qui permettent d'optimiser le fonctionnement des réseaux et d'améliorer l'efficacité énergétique. Toutefois, ces avancées soulèvent des questions essentielles, notamment la sécurité des données, la protection de la vie privée et l'interopérabilité entre les différents systèmes, qui nécessitent une attention particulière.

18. Pour réussir la transformation des systèmes électriques, il est nécessaire d'associer l'ensemble des parties prenantes de l'écosystème énergétique. Les services publics, les décideurs, les autorités de contrôle, les consommateurs, les fournisseurs de technologies et les communautés jouent tous un rôle crucial dans l'élaboration de la transition énergétique. Pour surmonter les difficultés et instaurer un environnement propice à la transition vers une énergie durable, il est essentiel de mettre en place des approches collaboratives et de favoriser les dialogues multipartites et les initiatives de mobilisation de la population.

IV. Établir des conditions propices

19. Comme expliqué précédemment, il est crucial de transformer les systèmes électriques pour garantir un avenir durable et sobre en carbone. Cette transition implique divers facteurs interdépendants et nécessite une approche globale au vu des différents défis à relever.

20. Les conditions nécessaires à la transformation des systèmes électriques sont multiples et couvrent de nombreux domaines. Pour les établir, il faut tenir compte des objectifs et résultats attendus énumérés ci-après.

21. **L'augmentation du poids de l'électricité dans le bouquet énergétique** est un élément fondamental de la transition vers un avenir durable et sobre en carbone. Cette transition concernera l'ensemble de la consommation d'énergie primaire et devrait être d'une ampleur sans précédent. Puisque l'électricité, selon les scénarios à zéro émission nette de l'AIE, devrait représenter plus de 50 % de la consommation totale d'énergie finale d'ici à 2050⁸, les pays doivent donner la priorité à l'intégration des sources d'énergie renouvelable. Par exemple, l'Europe prévoit de réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) de 55 % d'ici à 2030, en augmentant considérablement la part de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable⁹.

⁸ Voir <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/an-updated-roadmap-to-net-zero-emissions-by-2050>.

⁹ Voir https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-targets_en.

22. **Une transition énergétique juste pour tous** : il est essentiel d'assurer une transition énergétique juste qui profite à toutes les parties prenantes, notamment la population, les États et les acteurs des systèmes. Des initiatives telles que le mécanisme pour une transition juste de l'Union européenne, qui contribue à mobiliser des fonds (plus de 55 milliards d'euros sur la période 2021-2027)¹⁰ pour soutenir les régions les plus touchées par la transition, témoignent de la volonté de veiller à ce que la transition soit équitable et inclusive.

23. **La construction de réseaux résilients** dotés d'une infrastructure robuste capable de résister aux effets du climat joue un rôle central dans la transformation efficace des systèmes électriques. Il s'agit notamment d'intégrer des technologies de réseau avancées, de garantir la fiabilité de l'approvisionnement énergétique et de se préparer aux défis posés par les changements climatiques, et ainsi de renforcer progressivement la fiabilité des réseaux.

24. **La conception et l'application de réformes du marché de l'énergie pour appuyer la transition vers un système plus propre et abordable** : ces réformes du marché jouent un rôle essentiel. Des initiatives telles que l'Energiewende (transition énergétique), dans le cadre de laquelle l'Allemagne a mis en place des tarifs de distribution pour encourager l'investissement dans les énergies renouvelables¹¹, témoignent de la façon dont les réformes du marché peuvent favoriser l'adoption de technologies liées aux énergies renouvelables et accélérer la transition vers un système énergétique sobre en carbone.

25. Il est essentiel d'**accélérer l'exécution des projets en cours et le développement de nouveaux projets** afin de faciliter la transition vers des énergies propres. Aux États-Unis, par exemple, des initiatives telles que le crédit d'impôt pour investissement ont fourni des incitations pour le développement des technologies d'énergie renouvelable¹², ce qui a contribué à augmenter les capacités de production des énergies renouvelables et à réduire les émissions de carbone.

26. Il est également important d'**améliorer la planification à long terme du réseau en vue d'augmenter la part des énergies renouvelables et d'accélérer l'électrification**. Le Danemark, dans le cadre de sa stratégie énergétique à l'horizon 2050, vise à produire 100 % d'électricité renouvelable d'ici à 2030¹³. Cette stratégie prévoit une planification détaillée du réseau visant à favoriser l'intégration de l'énergie éolienne et à mettre en place un système énergétique durable.

27. Dans le cadre de **l'élaboration et de la mise en œuvre de politiques axées sur la transformation des systèmes électriques**, il est possible de fixer des objectifs ambitieux en matière d'énergies renouvelables et de mener des réformes du marché pour favoriser la transition vers un avenir énergétique plus propre et durable. On peut citer comme exemples l'objectif de l'Union européenne d'atteindre une part de 40 % d'énergies renouvelables dans son bouquet énergétique d'ici à 2030¹⁴ et le projet de loi n° 100 du Sénat de la Californie, qui fixe un objectif de 100 % d'électricité décarbonée d'ici à 2045¹⁵.

28. **La mise en place d'incitations réglementaires pour le développement de réseaux tournés vers l'avenir** : les incitations réglementaires peuvent jouer un rôle important en encourageant le développement d'infrastructures tournées vers l'avenir. Par exemple, le Royaume-Uni a mis en place un appui réglementaire pour la construction de réseaux de transport de l'électricité produite par des éoliennes en mer¹⁶ afin d'acheminer vers le continent cette énergie sobre en carbone.

¹⁰ Voir https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal/just-transition-mechanism_fr.

¹¹ Voir <https://www.bmwk-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2015/01/Meldung/topthema-the-energy-transition.html> et <https://www.iea.org/policies/12392-germanys-renewables-energy-act>.

¹² Voir <https://www.irs.gov/pub/irs-pdf/i3468.pdf>.

¹³ Voir <https://www.iea.org/policies/5122-energy-strategy-2050>.

¹⁴ Voir https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en.

¹⁵ Voir <https://www.energy.ca.gov/sb100>.

¹⁶ Voir <https://www.nationalgrid.com/electricity-transmission/network-and-infrastructure/infrastructure-projects/sealink>.

29. Le fait de **favoriser le développement de la concurrence sur les marchés de l'électricité qui permettent d'accéder à une gamme variée de ressources énergétiques** peut stimuler l'innovation et faciliter la transition vers des sources d'énergie propre. On peut trouver sur les marchés de gros diverses ressources énergétiques, notamment le solaire, l'éolien, l'hydroélectricité et le stockage en batterie, ce qui favorise la concurrence et stimule l'investissement dans les technologies énergétiques propres.

30. Il est essentiel de **bâtir des réseaux durables, résilients, décentralisés, axés sur le client et qui fassent appel aux technologies numériques** si l'on veut faire progresser la transformation des systèmes électriques. La transition numérique favorise la mise en place de réseaux intelligents, souples et résilients, notamment en facilitant l'intégration des énergies renouvelables et des ressources distribuées, en fournissant des données qui permettent d'améliorer l'exploitation, la maintenance et la gestion des actifs, en améliorant la gestion de la charge, s'agissant notamment de la recharge des véhicules électriques et du stockage de l'énergie, et en favorisant la participation active des clients. Des pays comme la Norvège, qui sont à la pointe en matière de réseaux intelligents, ont mis en place des compteurs intelligents qui facilitent la gestion de la demande et renforcent l'engagement des consommateurs.

31. **L'obtention du financement nécessaire** pour les projets d'énergie renouvelable est une étape essentielle de la transformation effective des systèmes électriques. Par exemple, la Banque asiatique de développement a joué un rôle de premier plan dans le financement de projets d'énergie renouvelable en Asie en apportant un appui financier à des initiatives dans les domaines du solaire, de l'éolien et de l'hydroélectricité. En investissant dans ces projets, elle contribue au déploiement des technologies d'énergie renouvelable ainsi qu'à la réduction des émissions de carbone et à la promotion du développement durable dans la région.

32. **Des mécanismes de financement pour appuyer l'élaboration et l'exécution de projets d'énergie renouvelable et attirer l'investissement dans les technologies d'énergie propre** : des mécanismes tels que les obligations vertes, les tarifs de rachat et les ventes aux enchères d'énergie renouvelable jouent un rôle essentiel dans ces domaines. Les niveaux d'émission des obligations vertes, qui ont gagné en importance à l'échelle mondiale, ont atteint la barre des 500 millions de dollars par an depuis 2022¹⁷, sous l'impulsion d'émetteurs majeurs tels que l'Union européenne et la Banque populaire de Chine.

33. Ces instruments financiers offrent aux investisseurs la possibilité de financer des projets, notamment des initiatives dans le domaine des énergies renouvelables, et contribuent à accélérer la transition vers une économie sobre en carbone. L'Allemagne a également utilisé avec succès des mécanismes tels que les tarifs de rachat et les ventes aux enchères pour encourager l'investissement dans les énergies renouvelables.

34. **Investir dans la R-D** : la R-D axée sur les technologies énergétiques innovantes, l'intégration des réseaux et la structuration des marchés joue un rôle crucial dans la transformation des systèmes électriques. Ainsi, le Département de l'énergie des États-Unis, par l'intermédiaire de l'ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy), finance de nombreux projets visant à mettre au point de nouvelles technologies énergétiques¹⁸. De même, l'Union européenne, dans le cadre du programme Horizon Europe, alloue un financement important à l'innovation énergétique¹⁹, principalement dans les domaines des réseaux intelligents et du stockage de l'énergie.

35. **Garantir la participation active des parties prenantes** : il est essentiel que les parties prenantes participent activement à la transformation des systèmes électriques. Des initiatives multipartites telles que la Renewable Energy Buyers Alliance aux États-Unis associent des services publics, des entreprises, des promoteurs d'énergies renouvelables et d'autres acteurs clés²⁰ afin de favoriser la transition vers les énergies propres.

¹⁷ Voir <https://www.statista.com/topics/9217/green-bonds-market-worldwide/>.

¹⁸ Voir <https://www.energy.gov/advanced-research-projects-agency-energy-arpa-e> et <https://arpa-e-foa.energy.gov/>.

¹⁹ Voir <https://horizoneurope.ie/>.

²⁰ Voir <https://www.americaspledgeonclimate.com/opportunity-agenda/electricity/renewable-energy-buyers-alliance/>.

36. **Le partage des pratiques exemplaires et des enseignements tirés de l'expérience** est essentiel si l'on veut accélérer la transformation des marchés dans d'autres pays. Des organisations telles que l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) facilitent la collaboration et le partage des connaissances au niveau mondial afin d'aider les pays à appliquer des pratiques exemplaires et les stratégies les plus efficaces en matière d'intégration des énergies renouvelables. L'exemple du programme allemand Energiewende sert de référence pour de nombreux pays qui veulent réussir la transition vers des sources d'énergie propre.

37. En abordant ces éléments de manière globale, les pays peuvent accélérer l'adoption des énergies renouvelables, renforcer la résilience des réseaux et progresser vers une transformation efficace des systèmes énergétiques. Parallèlement, on peut citer d'autres aspects susceptibles de contribuer à cette transformation :

a) **L'augmentation des investissements dans la technologie du stockage par batterie** est essentielle pour remédier à l'intermittence des sources d'énergie renouvelable telles que l'éolien et le solaire. Par exemple, l'État de Californie a été l'un des premiers à déployer des projets de batteries à des fins commerciales, ce qui a permis d'assurer la stabilité et la fiabilité du réseau²¹ ;

b) **L'interconnectivité et la coopération internationale** jouent un rôle important. Par exemple, le réseau européen des gestionnaires de réseaux de transport d'électricité (ENTSO-E) facilite les échanges transfrontaliers d'électricité et l'interconnexion des réseaux²², ce qui favorise l'intégration des énergies renouvelables et améliore la fiabilité des réseaux ;

c) **Les partenariats public-privé** jouent un rôle très important dans l'avancement des projets énergétiques. Par exemple, le partenariat des États-Unis pour l'énergie propre (Clean Energy Partnership), conclu avec différents pays, vise à accélérer le déploiement de technologies énergétiques propres grâce à des investissements et à des innovations réalisés en collaboration²³ ;

d) **La décentralisation et les projets énergétiques communautaires** : dans des pays comme l'Allemagne et le Danemark, des projets énergétiques communautaires permettent aux communautés locales de produire, de consommer et de vendre de l'énergie renouvelable, ce qui favorise la participation de la population et sécurise la production d'énergie²⁴ ;

e) Pour attirer l'investissement à long terme, il est important de **mettre en place des cadres réglementaires clairs et stables**. Le système britannique Contracts for Difference, qui offre des garanties tarifaires à long terme pour les projets d'énergie renouvelable²⁵, peut servir de modèle de visibilité réglementaire ;

f) **L'amélioration de l'efficacité énergétique dans tous les secteurs de l'économie** peut réduire considérablement la demande d'énergie primaire. Dans sa directive relative à l'efficacité énergétique, l'Union européenne s'est fixé pour objectif de réduire la consommation finale d'énergie de 11,7 % d'ici à 2030²⁶ ;

²¹ Voir <https://www.energy.ca.gov/news/2023-10/california-sees-unprecedented-growth-energy-storage-key-component-states-clean>.

²² Voir https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/nc-tasks/ENTSO-E_Market_Report_2023.pdf.

²³ Voir les exemples : <https://www.state.gov/joint-statement-on-the-second-annual-japan-u-s-energy-security-dialogue/> et <https://www.energy.gov/ia/articles/2024-us-france-bilateral-clean-energy-partnership-joint-statement-0>.

²⁴ Voir par exemple <https://pub.norden.org/nordicenergyresearch2023-03/germany.html> et <https://pub.norden.org/nordicenergyresearch2023-03/denmark.html>.

²⁵ Voir <https://www.gov.uk/government/news/over-1-billion-budget-for-renewable-energy-auction>.

²⁶ Voir https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-targets_en.

g) **Programmes éducatifs** : l'accélération de la transition vers l'énergie propre nécessite une main-d'œuvre bien formée. Des programmes tels que la formation professionnelle aux technologies des énergies renouvelables en Allemagne peuvent servir d'exemple pour doter la main-d'œuvre des compétences nécessaires.

38. Enfin, pour établir des conditions propices à une transformation efficace des systèmes électriques, il faut tenir compte des considérations suivantes :

a) Le fait d'encourager la concurrence et la diversité sur le marché de l'énergie peut stimuler l'innovation et l'investissement dans les technologies énergétiques propres. Si l'on permet à différents fournisseurs d'énergie d'entrer sur le marché, les consommateurs peuvent avoir plus de choix pour s'approvisionner en électricité produite à partir d'énergies propres et durables, ce qui peut contribuer à la mise en place d'un système énergétique plus résilient et durable tout en réduisant les coûts pour les consommateurs ;

b) Aux fins de la transformation efficace des systèmes électriques, il est essentiel de mettre en place une chaîne d'approvisionnement énergétique résiliente. Il s'agit notamment de bâtir des infrastructures robustes telles que des réseaux intelligents et des systèmes de stockage afin d'améliorer la fiabilité et la stabilité du réseau. Il faut, dès la phase de conception de la chaîne d'approvisionnement, renforcer les mesures de cybersécurité visant à protéger l'infrastructure énergétique contre les menaces potentielles ;

c) Si les sources d'énergie renouvelable comme le solaire et l'éolien sont essentielles pour décarboner le système électrique, leur production est intermittente par nature et ne permet pas toujours de répondre à la demande. Il est donc impératif de la compléter par la production d'une centrale de base – nucléaire ou géothermique – afin d'assurer un approvisionnement énergétique stable et fiable. En outre, l'investissement dans des sources de production flexibles telles que le stockage de l'énergie et les technologies de réponse à la demande peut aider à gérer les fluctuations de la production d'énergie renouvelable et à assurer la stabilité du réseau ;

d) S'il est souhaitable de passer à un système décentralisé fondé sur le stockage de l'énergie et la flexibilité de la demande, il est primordial que le secteur industriel et la société dans son ensemble aient accès à un approvisionnement énergétique ininterrompu et fiable. Grâce à des mesures telles que la modernisation des réseaux, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la mise en place d'outils de prévision de la demande, il est possible de garantir un approvisionnement énergétique stable tout en intégrant davantage de sources d'énergie renouvelable dans le système électrique.

V. Principaux moyens d'action

39. Pour établir des conditions favorables, il faut que de nombreuses parties prenantes issues de différents domaines unissent leurs efforts dans tous les aspects du réseau électrique, depuis l'élaboration des politiques jusqu'aux services publics de distribution. On trouvera dans la présente section une présentation de certains des moyens d'action qui pourraient être utilisés.

A. Élaboration de politiques

40. Les pouvoirs publics exercent une influence considérable sur l'organisation des réseaux électriques et sur leur transformation. Il est essentiel de mettre en œuvre des politiques coordonnées à différents niveaux, notamment local, régional et national, dans le but d'établir un cadre réglementaire favorable et de faciliter le déploiement des technologies liées aux énergies renouvelables. Le fait d'harmoniser les politiques permet d'aligner les objectifs des différentes entités publiques et donc d'adopter une démarche cohérente propice à la réalisation des objectifs de réduction à zéro des émissions nettes dans le secteur de l'électricité.

41. Pour faciliter et accélérer l'application des politiques, les pouvoirs publics devraient apporter un appui financier durable et prévisible aux initiatives en matière d'énergie propre. Il s'agit d'incitations telles que les tarifs de rachat, les crédits d'impôt, les aides et les subventions accordées pour les projets d'énergie renouvelable. Les pouvoirs publics peuvent ainsi stimuler l'investissement dans les infrastructures d'énergie propre, favoriser l'innovation et permettre aux sources d'énergie renouvelable de concurrencer les combustibles fossiles traditionnels.

42. Les décideurs doivent veiller au caractère prévisible des politiques relatives au secteur de l'électricité. En collaborant avec les acteurs et les experts du secteur, ils peuvent recueillir des informations et des commentaires précieux qui nourriront l'élaboration de politiques énergétiques efficaces. Le fait de tenir compte des contributions de diverses autorités et parties prenantes lors du processus d'élaboration des politiques permet de garantir que celles-ci soient cohérentes et équilibrées et qu'elles reflètent des perspectives et intérêts divers.

B. Réglementation

43. La réglementation joue un rôle crucial dans la transformation durable du secteur de l'électricité et la réalisation de l'objectif de réduction à zéro des émissions nettes²⁷. Des cadres réglementaires bien conçus peuvent favoriser l'élaboration des incitations, lignes directrices et mesures d'appui nécessaires à la transformation des systèmes électriques.

44. Le Centre on Regulation in Europe (CERRE), dans son rapport intitulé « Towards a More Dynamic Regulation for Energy Network », souligne la nécessité d'adapter la réglementation aux défis liés à la réalisation de l'objectif zéro émission nette dans le secteur de l'énergie²⁸. Il met l'accent sur l'importance d'une réglementation dynamique, réactive et adaptative capable de faire face aux aléas et aux complexités associées à la transition vers un système énergétique durable. En adoptant des approches dynamiques de la réglementation, les parties prenantes peuvent mettre à profit les enseignements tirés de l'expérience, réagir aux nouvelles informations et planifier de manière efficace.

45. Il convient d'examiner les modifications qui pourraient être apportées à la réglementation afin de mieux être en mesure de réagir face aux incertitudes qui entourent les politiques de réduction à zéro des émissions nettes dans le secteur de l'énergie. Ces modifications peuvent concerner les processus de planification, les mécanismes de gestion des incertitudes, les incitations réglementaires, les dispositions financières, les stratégies de participation des parties prenantes, les processus d'innovation ou les structures de gouvernance. En mettant en œuvre ces changements, les organismes de régulation peuvent mettre en place des cadres réglementaires plus souples et résilients en appui à la transition vers les énergies propres.

²⁷ Voir <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/regie/salle-presse/communiqués-presse/2023/regie-energie-canada-projetete-transformation-profonde-filiere-energetique-pays-dans-monde-carboneutre.html>.

²⁸ Pollitt, M., Covatariu, A. et Duma, D., 2024, « Towards a More Dynamic Regulation for Energy Networks, Centre on Regulation in Europe (CERRE) », disponible à l'adresse https://cerre.eu/wp-content/uploads/2024/03/CERRE_Dynamic_Regulation_Report_FINAL-1.pdf.

46. Les organismes de régulation devraient veiller à mettre en place un cadre clair en attribuant aux parties prenantes des responsabilités en vue d'une action coordonnée afin de garantir le bon fonctionnement des systèmes énergétiques. Elles jouent un rôle essentiel dans l'évaluation de la restructuration des marchés, la promotion des services favorisant la souplesse et la stabilité, et l'encouragement de la collaboration entre les acteurs des systèmes de transport et de distribution de l'énergie.

47. La réglementation joue un rôle essentiel dans la transformation des systèmes électriques et la réalisation des objectifs de durabilité et de zéro émission nette. En harmonisant les politiques, en concevant des mécanismes de marché efficaces, en encourageant la modernisation des réseaux, en fixant des objectifs de réduction des émissions, en appuyant l'innovation, en protégeant le consommateur, en élaborant des feuilles de route pour la décarbonation et en associant les parties prenantes, les organismes de régulation peuvent piloter efficacement la transition vers des systèmes énergétiques durables. Pour qu'une réglementation soit efficace, il faut qu'elle fasse la part belle à la collaboration, à l'adaptabilité et à la prospective.

48. Selon l'AIE²⁹, les organismes de régulation jouent également un rôle crucial dans le fonctionnement efficace et sûr du secteur de l'électricité en fournissant un cadre clair qui définit les obligations de chaque partie prenante. Cette clarté est essentielle si l'on veut prévenir les menaces et faire en sorte que toutes les entités soient en mesure de réagir efficacement en cas de circonstances exceptionnelles telles que des pannes de réseau ou des ruptures d'approvisionnement.

49. La nécessité de coordonner l'action des acteurs des systèmes de transport et de distribution met en évidence l'importance du rôle des autorités de régulation dans l'attribution des responsabilités. Il est essentiel que ces opérateurs collaborent et se coordonnent pour garantir la fiabilité et la résilience du réseau, en particulier dans les systèmes interconnectés reliant différentes régions ou différents pays.

50. Par ailleurs, dans les marchés restructurés où la concurrence et les mécanismes de marché jouent un rôle important, l'AIE souligne l'importance pour les organismes de régulation d'assurer une veille continue du marché. Elles doivent s'assurer que la structure du marché et les mécanismes en place facilitent la fourniture des services de flexibilité et de stabilité nécessaires au bon fonctionnement des systèmes. Cette évaluation continue joue un rôle central dans le repérage et la correction de toute lacune liée au marché susceptible d'entraver le fonctionnement des systèmes.

51. Les objectifs quantitatifs de réduction des émissions visent à inciter les services publics et les industriels à mettre en place des processus moins polluants. Ils peuvent être mis en œuvre par des moyens coercitifs, tels que des amendes en cas de dépassement des limites, ou par des moyens positifs, tels que des allègements fiscaux ou des subventions pour ceux qui atteignent ou dépassent les objectifs. Ce cadre permet d'axer les efforts sur la réduction des émissions de GES et ouvre la voie à une transition vers des énergies propres.

52. L'innovation et la recherche sont au cœur de la transition énergétique, car les progrès technologiques contribuent grandement à surmonter les obstacles à cette transition. L'appui fourni par la réglementation est primordial, car il permet d'orienter le financement et les ressources vers la R-D axée sur l'énergie propre et les solutions de stockage de l'énergie et d'optimisation du réseau.

53. Les règlements relatifs à la protection du consommateur et à l'accessibilité financière visent à garantir des prix équitables de l'énergie tout en assurant la fiabilité et la sécurité de l'approvisionnement énergétique. Ils protègent le consommateur contre les hausses de prix potentielles et maintiennent les prix de l'énergie à un niveau abordable, en particulier pour les ménages à faibles revenus.

54. Les organismes de régulation et les parties prenantes peuvent collaborer à l'établissement de stratégies globales de réduction à zéro des émissions nettes, par exemple en élaborant des calendriers en vue de l'élimination progressive des combustibles fossiles et du développement de l'électrification dans les différents secteurs. Ces feuilles de route

²⁹ Voir <https://www.iea.org/reports/power-systems-in-transition/recommendations>.

peuvent englober toute une série d'activités et de politiques à mettre en œuvre à moyen et long terme et inclure des étapes intermédiaires permettant de suivre les progrès.

55. Pour que les processus réglementaires soient efficaces, la participation des parties prenantes est nécessaire, car elle apporte de la transparence et permet de dégager un consensus sur les politiques proposées. La participation d'un large éventail de parties prenantes, notamment le secteur public, les entreprises et les organisations à but non lucratif, permet de s'assurer que les différents points de vue et intérêts sont pris en compte lors de l'élaboration des réglementations.

C. Financement

56. Le financement est un aspect essentiel de la transformation efficace des systèmes électriques. Il ne s'agit pas seulement de fournir les capitaux nécessaires, mais aussi de mettre en place des mécanismes financiers capables de répondre aux critères d'investissement et aux besoins de financement opérationnel.

57. Pour moderniser les réseaux et les adapter aux sources d'énergie renouvelable, il faut mobiliser des capitaux considérables. Le financement contribue à l'installation de compteurs intelligents, de systèmes de stockage de l'énergie et de lignes de transport modernes capables de gérer la nature intermittente des énergies renouvelables.

58. Le financement joue également un rôle important dans le développement de nouveaux projets d'énergie renouvelable, par exemple les parcs solaires ou éoliens. Il peut provenir de sources publiques (subventions et prêts publics) ou d'investisseurs privés (capital-risque, capital-investissement), ainsi que d'organismes spécialisés dans le financement de projets.

59. L'accès aux capitaux contribue à stimuler l'innovation et permet aux entreprises d'investir dans la R-D dans le domaine des technologies énergétiques propres et de commercialiser de nouvelles solutions susceptibles de réduire les coûts et d'améliorer l'efficacité des systèmes.

60. Les mécanismes de financement peuvent également contribuer à promouvoir les mesures d'économie d'énergie, qui sont souvent financièrement plus avantageuses qu'une augmentation de la production. La mise en place de prêts à taux réduits peut inciter les ménages et les entreprises à investir dans des appareils à haut rendement énergétique, la rénovation des bâtiments et la modernisation des processus industriels.

61. Le financement public peut combler le fossé entre les objectifs visés par les politiques et leur mise en œuvre. Cela peut se faire sous la forme de subventions pour les énergies renouvelables ou de pénalités pour les gros émetteurs de carbone, ce qui modifie l'équilibre économique en faveur des pratiques durables. Les incitations financières peuvent encourager les investisseurs à financer des pratiques durables, et ainsi associer les forces des secteurs public et privé.

62. Le caractère équitable de la transition vers les énergies propres peut être garanti par des fonds et programmes spéciaux destinés aux communautés qui renoncent à utiliser les combustibles fossiles, grâce à des subventions accordées aux populations ayant un accès restreint aux énergies renouvelables.

63. L'investissement dans les énergies vertes peut favoriser la création d'emplois dans de nouveaux secteurs allant de la fabrication de composants jusqu'à l'entretien et la maintenance des infrastructures, ce qui favorise également le développement économique.

64. Pour que le financement de la transition énergétique soit efficace, il ne faut pas seulement raisonner en quantité, mais aussi en termes de stratégie d'affectation des fonds. Le financement doit permettre de conjuguer le développement à long terme des projets d'énergie renouvelable et le rendement de l'investissement.

65. Pour que les initiatives en matière d'énergie durable soient accessibles et d'un bon rapport coût/efficacité, il faut disposer d'instruments financiers flexibles pouvant être adaptés en fonction des projets et des technologies utilisées. Les institutions de financement du développement et les initiatives de microfinancement peuvent jouer un rôle important en

proposant des solutions sur mesure qui permettent de surmonter les difficultés financières et opérationnelles qui caractérisent les projets relatifs aux énergies renouvelables.

66. L'accent mis sur l'éducation financière peut permettre aux parties prenantes d'élaborer et d'évaluer des projets d'énergie durable, et d'y investir. La mise en place d'une communauté d'investisseurs et de décideurs en mesure de prendre des décisions en toute connaissance de cause peut accélérer la transition vers une énergie propre.

67. Des initiatives telles que la Net Zero Initiative, le Green New Deal ou le pacte vert pour l'Europe montre l'importance des travaux réalisés dans ce domaine. L'expression « Net Zero » (zéro émission nette) fait référence à l'objectif de parvenir à un équilibre entre la quantité de GES émise dans l'atmosphère et la quantité supprimée ou compensée par divers moyens. Ces mesures sont considérées comme essentielles dans la lutte contre les changements climatiques et le réchauffement de la planète. Le Green New Deal est un ensemble de programmes de relance économique que les États-Unis envisagent de mettre en œuvre pour lutter contre les changements climatiques et les inégalités économiques. Ces programmes prévoient la transition vers une économie sobre en carbone et la création de nouveaux emplois dans les secteurs de l'énergie propre. Le pacte vert pour l'Europe est un ensemble d'initiatives prises par l'Union européenne pour rendre l'économie plus durable et créer un environnement neutre en carbone d'ici à 2050. Il comprend des mesures visant à réduire les émissions de GES, à augmenter l'utilisation des énergies renouvelables et à promouvoir l'efficacité énergétique.

68. Les initiatives telles que Net Zero, le Green New Deal et le pacte vert pour l'Europe appuient le développement et le déploiement de sources d'énergie renouvelable, de technologies à haut rendement énergétique et d'autres technologies vertes qui sont essentielles pour atteindre la neutralité carbone et lutter contre les changements climatiques. C'est pourquoi il est nécessaire de les financer.

69. Un financement adéquat est requis pour financer la transition vers une économie sobre en carbone et réaliser les objectifs climatiques fixés dans les accords internationaux tels que l'Accord de Paris, l'objectif étant d'atténuer les effets des changements climatiques et d'assurer un avenir durable à la planète.

D. Marché des émissions

70. Le marché des émissions peut contribuer à la transformation efficace des systèmes électriques en fixant un prix du carbone et en rendant plus coûteuse la production d'électricité à partir de combustibles fossiles. Les sources d'énergie renouvelable telles que l'éolien, le solaire et l'hydraulique deviendraient ainsi plus compétitives, ce qui accélérerait leur adoption. Un marché des émissions bien conçu procure une certaine souplesse aux producteurs d'électricité, qui peuvent choisir le moyen le plus rentable de réduire leurs émissions, que ce soit en les réduisant directement, en investissant dans des technologies propres ou en achetant des droits d'émission. Les revenus générés par la vente des droits d'émission peuvent servir à financer des projets d'énergie renouvelable, la R-D et d'autres initiatives visant à réduire les émissions de GES.

71. L'expérience de l'Union européenne montre qu'il importe de mettre en place un système fondé sur le marché si l'on veut monétiser les émissions de carbone, et d'établir un système mondial de paiement des émissions basé sur le pouvoir d'achat des États membres de la CEE afin de garantir l'équité d'un tel système. Toutefois, le système actuel de tarification des droits n'est pas équitable, car selon les pays, les citoyens doivent faire face à des coûts sensiblement différents. Ces écarts de tarification du carbone sont un problème majeur pour l'économie de l'UE et entraînent des transferts de production vers des régions où le coût du carbone est moins élevé. Ces transferts d'émissions de carbone nuisent à la compétitivité et doivent être combattus par la mise en place d'un système de tarification du carbone juste et équitable.

E. Structuration du marché

72. La structuration du marché et les mesures d'incitation jouent un rôle essentiel dans l'établissement d'un environnement propice à l'adoption des énergies renouvelables. Des outils tels que, aux États-Unis, les normes imposant une proportion minimale d'énergie renouvelable dans le portefeuille énergétique obligent les producteurs d'électricité à utiliser une proportion précise de ressources renouvelables³⁰, ce qui incite les entreprises à augmenter leur propre production d'énergie verte ou à acheter des certificats d'énergie renouvelable. Les producteurs d'énergies renouvelables bénéficient de tarifs de rachat fixés dans des contrats à long terme qui leur garantissent des prix de revente favorables pour l'énergie qu'ils injectent dans le réseau. La visibilité qui en découle favorise l'investissement dans les technologies renouvelables en garantissant aux investisseurs une rentabilité à long terme.

73. Eurelectric, la principale association professionnelle de l'industrie européenne de l'électricité a publié en mars 2023 des recommandations concernant la structuration du marché de l'électricité en vue de la transition vers une économie à zéro émission nette³¹. Dans ce rapport, elle souligne l'importance d'une application correcte des législations et réglementations européennes existantes, de la suppression des barrières et des obstacles, et de la mise en œuvre de solutions fondées sur le marché pour inciter les parties prenantes à relever les défis auxquels les systèmes électriques sont confrontés et à réaliser la transition vers une économie à zéro émission nette.

74. Les recommandations proposées par Eurelectric s'articulent autour de trois grandes propositions : tout d'abord, la création d'un cadre de contractualisation et d'engagement du consommateur, axé sur l'amélioration des possibilités de couverture à terme et des structures de prix de détail pour permettre au consommateur de choisir son mix énergétique et de contrôler sa consommation ; deuxièmement, la mise en place d'un cadre d'investissement reposant sur des possibilités accrues de couverture à long terme et de passation de contrats, l'objectif étant de fournir des incitations à investir dans les infrastructures d'énergie propre ; enfin, l'établissement d'un cadre permettant d'anticiper les besoins futurs afin de garantir la sécurité de l'approvisionnement, l'objectif étant de surmonter les difficultés liées à l'intégration des sources d'énergie renouvelable à production intermittente tout en assurant la fiabilité et la stabilité des systèmes.

VI. Conclusions et recommandations

75. Le présent document pourrait servir à lancer les prochaines étapes et à élaborer, à l'intention des décideurs et des parties prenantes, des principes directeurs relatifs à l'instauration de conditions propices à la transformation des systèmes électriques et à une transition juste. Il donne un aperçu des objectifs et des considérations nécessaires à la réussite d'une telle transformation, afin que les systèmes électriques continuent de contribuer à la décarbonisation, à la transition énergétique juste, à l'adaptation aux changements climatiques et au renforcement de la fiabilité et de la résilience.

76. De nombreuses parties prenantes ont un rôle à jouer dans la conception et l'établissement de ces conditions favorables :

- a) Les responsables de l'élaboration des politiques ;
- b) Les organismes de régulation ;
- c) Les services publics de distribution d'électricité et les opérateurs ;
- d) Les organismes sectoriels ;
- e) Les consommateurs ;

³⁰ Voir <https://www.ncsl.org/energy/state-renewable-portfolio-standards-and-goals>.

³¹ Eurelectric, 2023, « Electricity Market Design », disponible à l'adresse <https://market-design.eurelectric.org/>.

- f) Les universitaires ;
- g) Les centres de recherche et d'innovation ;
- h) La société civile.

77. Ces parties prenantes doivent agir de manière concertée pour instaurer les conditions qui favoriseront la transition des systèmes électriques vers les énergies propres.

78. Les principales recommandations sont les suivantes :

Élaboration de politiques :

a) Les décideurs des différents pays, à tous les niveaux, notamment local, régional, national et supranational, devraient collaborer à la création d'un cadre législatif favorable à la transition ;

b) Les pouvoirs publics devraient apporter un appui financier durable et prévisible aux initiatives en matière d'énergie propre ;

c) Les pouvoirs publics devraient élaborer des politiques aux effets prévisibles, en collaboration avec les parties prenantes ;

d) Les décideurs devraient veiller à associer toutes les parties prenantes à la planification intégrée des ressources, que ce soit à court ou à long terme.

Réglementation :

a) Il faut adapter la réglementation aux défis de la décarbonation et de la transformation du secteur en la rendant plus dynamique, réactive et adaptative pour pouvoir faire face aux incertitudes et aux situations complexes ;

b) Les organismes de régulation devraient harmoniser les politiques et les mécanismes de marché, en associant les parties prenantes ;

c) Les organismes de régulation devraient fournir un cadre clair aux acteurs du secteur de l'électricité, en précisant les obligations de chacun d'entre eux.

Financement :

a) L'accès aux capitaux devrait être conçu de manière à favoriser l'innovation dans les technologies propres et à encourager l'investissement dans la recherche-développement ;

b) Le financement public devrait contribuer à combler le fossé entre les objectifs visés par les politiques et leur mise en œuvre ;

c) Des financements et des programmes spéciaux devraient garantir le caractère équitable de la transition vers l'énergie propre.

Marchés des émissions :

a) Les marchés des émissions ont montré l'importance de mettre en œuvre des systèmes fondés sur le marché si l'on veut monétiser les émissions de carbone et favoriser les sources non émettrices ;

b) Les marchés des émissions devraient être conçus de manière à offrir aux producteurs d'électricité la possibilité de choisir le moyen le plus rentable et le plus fiable de réduire leurs émissions ;

c) Les marchés des émissions devraient favoriser l'adoption d'énergies renouvelables ;

d) Le système mondial de droits d'émission devrait tenir compte du pouvoir d'achat des États.

Marchés de l'électricité :

- a) La structuration des marchés devrait se faire de façon à favoriser l'investissement dans les réseaux électriques et la transition vers des énergies propres ;
 - b) Les marchés devraient être conçus de manière à supprimer les obstacles et les barrières à la transition des systèmes.
-