

**RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS**

# ACCÉLÉRER *LA TRANSITION* EUROPÉENNE VERS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

UNIVERSITÉ LUT &  
VERTS/ALLIANCE  
LIBRE EUROPÉENNE  
**2022**

## AUTEURS

Manish Ram, Dmitrii Bogdanov, Rasul Satymov, Gabriel Lopez,  
Theophilus Mensah, Kristina Sadovskaia, Christian Breyer



---

In the event of inconsistency or  
discrepancy between the English version  
and any other language version, the  
English language version shall prevail.

L'Union européenne (UE) se trouve au beau milieu d'un casse-tête énergétique : elle doit garantir son approvisionnement tout en luttant contre les dérèglements climatiques, sans oublier de veiller à l'accessibilité financière et la sécurité énergétique. L'UE est confrontée à la tâche colossale d'élaborer une stratégie de neutralité climatique à long terme sans entraver la sécurité énergétique à court terme, sur son territoire et ailleurs. Si la part d'énergie renouvelable augmente dans de nombreux pays européens – notamment dans le secteur de l'électricité – des discussions sont tout de même en cours dans le cadre du Pacte Vert pour l'Europe afin d'augmenter les niveaux d'ambition envisagés.. L'Europe a en effet l'opportunité de s'imposer comme leader mondial en accélérant la transition de son système énergétique vers 100 % d'énergies renouvelables, ce qui lui permettra de bénéficier de nombreux bénéfices, non seulement pour son économie, mais aussi pour les autres économies du monde entier. Dans ce contexte, **le groupe des Verts/Alliance libre européenne a mandaté l'université de technologie de Lappeenranta (LUT)** d'un objectif d'étude : analyser et déterminer les scénarios de transition énergétique dans toute l'Europe, avec leurs différents niveaux d'ambition, dans l'optique de mettre en place un système énergétique économe en énergie et composé intégralement d'énergies renouvelables, conformément à l'objectif de neutralité climatique.

L'objectif global de cette étude est de présenter les options techno-économiques les plus viables et faisables en déterminant quels sont les mix énergétiques les moins coûteux. L'étude montre aussi comment opérer la transition des secteurs de l'électricité, du chauffage, du transport et de l'industrie en vue de mettre en place, à long terme, un système énergétique intégré dans toute l'Europe. Cette étude présente des analyses inédites **riches en technologies, multisectorielles, multirégionales et optimales sur le plan des coûts**, avec de hautes résolutions spatiales (27 États membres pour 20 régions d'Europe) et temporelles (horaires) des scénarios de transition énergétique pour l'UE.

La transition énergétique en Europe et, en particulier, dans l'UE est examinée dans le cadre de trois scénarios distincts, pour lesquels les paramètres et conditions suivants ont été retenus<sup>1</sup>:

- **SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE [REF]**: maintien du système énergétique existant dans l'ensemble de l'Union, avec les tendances du marché actuelles et les tendances politiques actuellement convenues jusqu'en 2030. L'énergie renouvelable représente 40 % de la demande énergétique finale dans l'UE, l'efficacité énergétique des bâtiments est améliorée grâce au doublement des taux de rénovation actuels et à un taux de rénovation énergétique de 100 % d'ici à 2050. Cela permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de près de 40 % d'ici à 2030 par rapport aux niveaux de 2020 et d'environ 60 % par rapport aux niveaux de 1990<sup>2</sup>. Ce scénario n'est pas compatible avec l'objectif climatique ambitieux visant à maintenir la hausse des températures en dessous de 1,5 C. Les combustibles fossiles sont complètement éliminés d'ici à 2050, tandis que les centrales nucléaires existantes sont exploitées jusqu'à la fin de leur cycle de vie technique, sans aucune nouvelle construction dans l'UE.

---

<sup>1</sup> Il est supposé qu'aucun changement majeur des préférences des consommateurs n'interviendra dans chacun de ces scénarios ; au contraire, des niveaux relativement élevés de services énergétiques sont censés être atteints à l'avenir, avec une augmentation correspondante des niveaux d'efficacité énergétique.

<sup>2</sup> La présente étude est essentiellement axée sur les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dues à la consommation de combustibles fossiles dans les secteurs de l'industrie énergétique de l'ensemble de l'UE et suppose certaines incertitudes par rapport aux niveaux d'émission de 1990.

● **SYSTÈME D'ÉNERGIES RENOUVELABLES – SCÉNARIO À L'HORIZON 2040 [RES-2040]:** intensification des efforts de tous les États membres en vue d'augmenter la part des énergies renouvelables dans la demande énergétique finale dans toute l'UE à 56 %<sup>3</sup> en 2030 et à 100 % d'ici 2040. Ce scénario se base sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments en triplant les taux de rénovation actuels de 1 % par année an et en permettant une réduction des émissions de carbone CO<sub>2</sub> liées à l'énergie d'environ 50 % d'ici à 2030 par rapport à 2020 et de 65 % par rapport aux niveaux de 1990, avant d'atteindre des émissions de carbone CO<sub>2</sub> liées à l'énergie égales à zéro d'ici à 2040. Les combustibles fossiles et les centrales nucléaires sont complètement éliminés de l'UE d'ici à 2040.

● **SYSTÈME D'ÉNERGIES RENOUVELABLES – SCÉNARIO À L'HORIZON 2035 [RES-2035]:** l'UE donne une nouvelle impulsion à ses efforts et adopte un rôle de premier plan au niveau mondial afin d'atténuer les changements climatiques et assurer des niveaux plus élevés de sécurité énergétique en Europe. Ainsi, elle augmente sa part d'énergies renouvelables dans la demande énergétique finale de son territoire, à environ 60 % en 2030 et à 100 % d'ici à 2035. Elle améliore l'efficacité énergétique des bâtiments, qui quadruple par rapport à son niveau actuel de 1 % par an, et en permettant une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie de 70 % d'ici 2030 par rapport à 2020 et de 78 % par rapport aux niveaux de 1990, avant de parvenir à zéro émission en 2035, soit un niveau compatible avec l'objectif climatique visant à maintenir la hausse des températures en dessous de 1,5 °C conformément à l'accord de Paris. 100 % d'énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité de tous les États membres de l'UE en 2030 et objectif de 100 % d'énergies renouvelables dans tous les autres secteurs d'ici à 2035. Les combustibles fossiles et les centrales nucléaires sont complètement éliminés de l'UE d'ici à 2035.

Voici les grandes tendances et constats qui ressortent de ces trois scénarios de transition énergétique :

### — **Des parts élevées d'énergies renouvelables permettent des niveaux élevés d'électrification des futurs systèmes d'énergie**

Un virage fondamental vers des niveaux élevés d'électrification façonne la transition énergétique mise en œuvre dans toute l'UE afin d'abandonner le système d'énergie actuel. Celui-ci repose, en 2020, sur une part d'environ 80 % de combustibles fossiles et d'énergie nucléaire. L'électrification du secteur énergétique, qui se compose de l'électricité, du chauffage, du transport et de l'industrie, permet d'obtenir la part la plus élevée d'énergies renouvelables, soit 87 %, dans le scénario RES-2035 en 2035, contre 85 % dans le scénario RES-2040 en 2040 et 83% dans le scénario REF en 2050 (voir figure ES1). L'accroissement de la part des énergies renouvelables stimule l'électrification et l'intégration des différents secteurs énergétiques, avec un système énergétique 100 % renouvelable dans toute l'UE d'ici à 2035 dans le scénario RES-2035, d'ici à 2040 dans le scénario RES-2040 et d'ici à 2050 dans le scénario REF (voir figure ES1). En outre, l'électrification directe améliore l'efficacité énergétique dans la plupart des secteurs.

---

3 Y compris la chaleur ambiante utilisée par les pompes à chaleur.

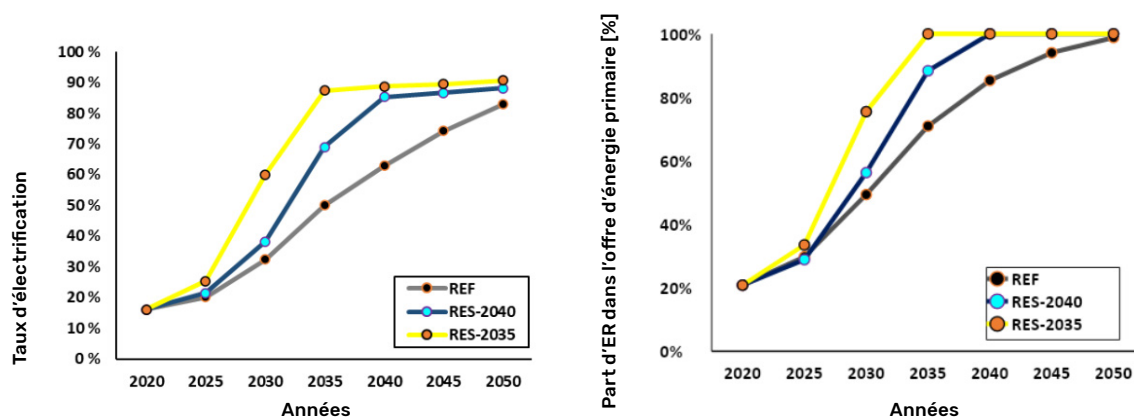


Figure ES1: taux d'électrification (à gauche) et parts d'énergies renouvelables (à droite) dans les trois scénarios.

Les niveaux élevés d'électrification et de pénétration des énergies renouvelables permettent d'opérer une réorientation fondamentale du système énergétique, qui n'est plus dominé par les **molécules des combustibles fossiles, mais par les électrons de l'électricité renouvelable**, ce qui permet également de réaliser des gains d'efficacité énergétique.

### — Une transformation de la consommation d'énergie primaire dans toute l'UE

Malgré une hausse globale de la demande de services énergétiques dans les secteurs de l'électricité, du chauffage, du transport et de l'industrie, la consommation d'énergie primaire<sup>4</sup> diminue à mesure que la part d'électrification croît, grâce à une augmentation des gains d'efficacité. La transition énergétique permet de mettre en place dans toute l'UE, à l'avenir, des systèmes énergétiques efficaces, caractérisés par un couplage sectoriel élevé, et qui reposent sur l'électricité renouvelable. La consommation d'énergie primaire baisse, en passant d'environ 13 200 TWh en 2020 à près de 9 200 TWh d'ici 2050 dans le scénario REF, à environ 9 500 TWh d'ici 2040 dans le scénario RES-2040<sup>5</sup> et à près de 12 000 TWh d'ici 2035 dans le scénario RES-2035 (voir figure ES2). Dans le cas des scénarios RES-2040 et RES-2035, la consommation d'énergie primaire continue à baisser grâce à des gains d'efficacité accrus jusqu'en 2050.

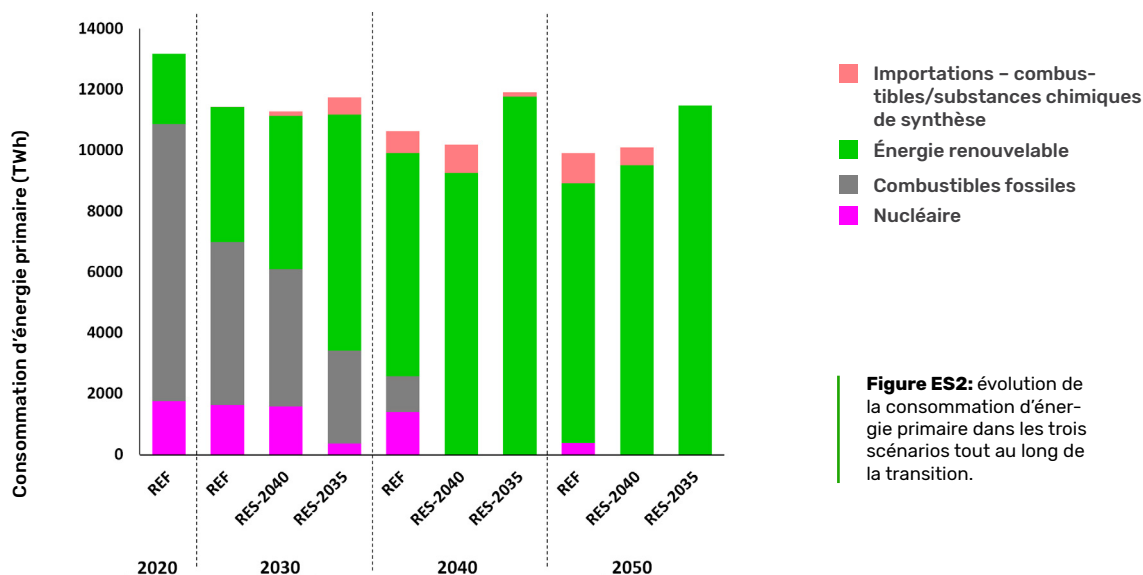
En résumé, la dynamique en faveur d'une électrification à faible coût et d'une intégration sectorielle renforcée stimule la croissance de la demande d'électricité. L'électricité renouvelable s'impose comme principal vecteur énergétique dans les futurs systèmes énergétiques, en atteignant rapidement 100 % d'ici 2035 dans le scénario RES-2035 et d'ici 2040 dans le scénario RES-2040 et presque 100 % d'ici 2050 dans le scénario REF (avec quelques centrales nucléaires qui se trouvent toujours en phase de fermeture). La baisse des parts d'importations de combustibles et de substances chimiques de synthèse permettent de mettre en place des systèmes 100 % composés d'énergie renouvelable dans toute l'UE<sup>6</sup>. Ces parts d'importations de combustibles et

4 La consommation d'énergie primaire n'inclut pas les matières premières autres que l'énergie pour l'industrie et la chaleur ambiante provenant de l'environnement, par exemple dans les pompes à chaleur.

5 En outre, le système énergétique utilise environ 1 700 TWh de chaleur ambiante, environ 150 TWh de matières premières dont les combustibles et les substances chimiques de synthèse et environ 40 TWh de biochar pour l'industrie sidérurgique en 2040.

6 Les parts des importations de combustibles et de substances chimiques de synthèse dans la consommation d'énergie primaire se chiffrent à 0 % en 2030 et à 8 % en 2050 dans le scénario REF, à 1 % en 2030 et à 3 % en 2050 dans le scénario RES-2040 et à 8 % en 2030 et 0 % en 2050 dans le scénario RES-2035.

de substances chimiques de synthèse sont largement inférieures aux importations actuelles de carburants fossiles dans l'UE.



**Figure ES2:** évolution de la consommation d'énergie primaire dans les trois scénarios tout au long de la transition.

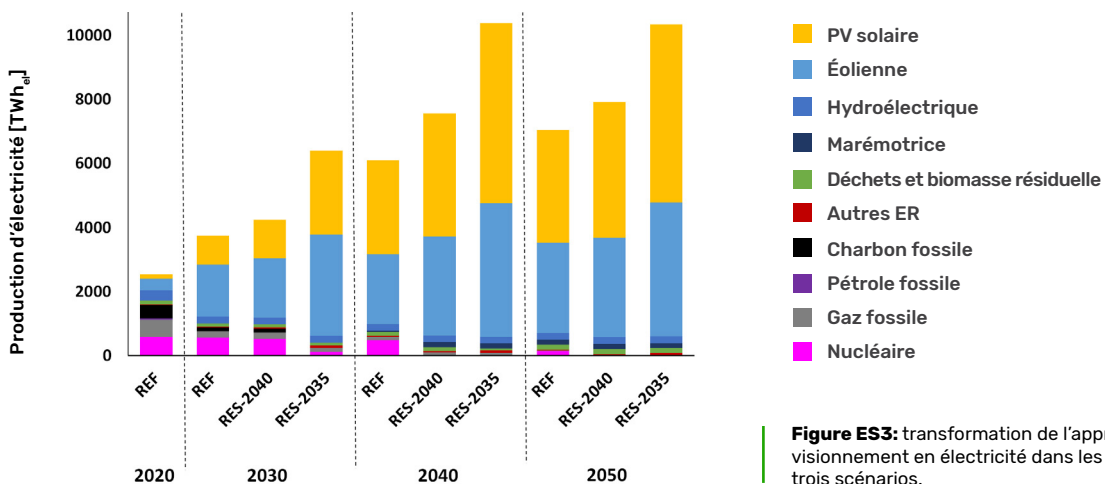
### Les gains d'efficacité favorisent l'obtention d'un système énergétique intégré dans l'ensemble de l'UE

Initialement, la demande d'énergie primaire représente l'actuel système énergétique cloisonné, qui est dominé par des combustibles fossiles difficiles à convertir efficacement en électricité, en chaleur pour les applications de chauffage et en carburant combustible pour le secteur du transport. La demande d'énergie primaire évolue ensuite pendant la transition et devient un système énergétique de plus en plus intégré, grâce à l'électrification et au couplage sectoriel. L'électrification est principalement encouragée par la transition d'une production d'électricité basée sur les combustibles fossiles et l'énergie nucléaire vers une production d'électricité à partir d'énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité ; par le remplacement des moteurs à combustion par des systèmes à propulsion électrique dans le secteur du transport ; et l'adoption du chauffage électrique associé à des pompes à chaleur dans le secteur du chauffage. L'utilisation optimale de l'énergie renouvelable et le fonctionnement efficace du système énergétique sont assurés grâce au couplage sectoriel, qui permet de convertir de l'électricité renouvelable en chaleur et en carburants, notamment en période de demande d'énergie inélastique, élevée ou modérée. Les niveaux élevés de gains d'efficacité obtenus grâce à l'électrification, à la rénovation des bâtiments et au couplage sectoriel permettent de faire baisser la demande d'énergie primaire du système énergétique intégré à court, mais aussi à long terme. Ce résultat est illustré par la demande énergétique finale, qui représente la demande d'énergie à la fin du cycle de consommation. Dans l'actuel système énergétique découplé et fortement basé sur les combustibles fossiles, davantage d'énergie primaire est nécessaire pour satisfaire la demande énergétique finale, tandis que dans un système énergétique hautement électrifié et présentant un niveau élevé de couplage sectoriel, moins d'énergie est nécessaire pour satisfaire à cette demande, qui dépend de l'ampleur et du rythme de la transition. Une transition accélérée vers les énergies renouvelables suppose, il est vrai, une consommation supplémentaire d'énergie pour produire les combustibles et substances chimiques de synthèse, mais cela est nécessaire pour réduire à court terme les émissions

dans les secteurs où il est le plus difficile de le faire. Si cela réduit les gains d'efficacité sur le plan de la consommation énergétique globale, cela place également l'UE dans une position technologique idéale pour devenir, à moyen terme, un exportateur technologique de combustibles et de substances chimiques de synthèse. À long terme, cependant, la progression de l'électrification de tous les processus et la réduction de l'utilisation de combustibles de synthèse permettront d'accroître l'efficacité énergétique du système énergétique intégré de l'UE.

### ■ Une transformation de l'approvisionnement en électricité dans toute l'UE

Les panneaux photovoltaïques solaires et l'énergie éolienne apparaissent comme les sources dominantes de production d'électricité, grâce à leur compétitivité en termes de coûts dans les trois scénarios. Les panneaux photovoltaïques solaires offrent les plus grandes capacités sur toute la durée de la transition énergétique, avec près de 3 TW en 2050 dans le scénario REF et plus de 4,5 TW en 2035 dans le scénario RES-2035, ainsi que les plus grandes parts de production, avec plus de 50 % en 2050 dans le scénario REF et 54 % en 2035 dans le scénario RES-2035 (voir figure ES3). L'autre pilier électrique de la transition énergétique, l'énergie éolienne, présente des capacités installées allant de près de 800 GW en 2050 dans le scénario REF à plus de 1 000 GW en 2035 dans le scénario RES-2035 et représente entre 38 % et 41 % des parts de production dans les trois scénarios, avec des parts complémentaires provenant d'autres sources renouvelables telles que l'hydroélectricité, l'énergie marémotrice et la bioénergie. De l'autre côté, les combustibles fossiles sont complètement éliminés du système énergétique de l'UE dans les trois scénarios, tandis que les centrales nucléaires continuent de fonctionner jusqu'à la fin de leur cycle de vie technique dans le scénario REF et sont fermées d'ici 2040 dans le scénario RES-2040 et d'ici 2035 dans le scénario RES-2035. Aucun des trois scénarios n'envisage la construction de nouvelles centrales nucléaires, étant donné que l'énergie nucléaire n'est pas compétitive, sur le plan des coûts, face à la production d'électricité renouvelable et que ses installations sont les plus longues à construire dans toute l'UE. Les résultats de l'étude démontrent une nouvelle fois non seulement que l'énergie nucléaire n'est pas une option rentable et n'a pas sa place dans un scénario de transition énergétique rapide, en raison de ses dépassements de budget extrêmement complexes et des délais de construction dont elle a toujours besoin, mais aussi qu'elle pose des problèmes en termes de durabilité et de sécurité.

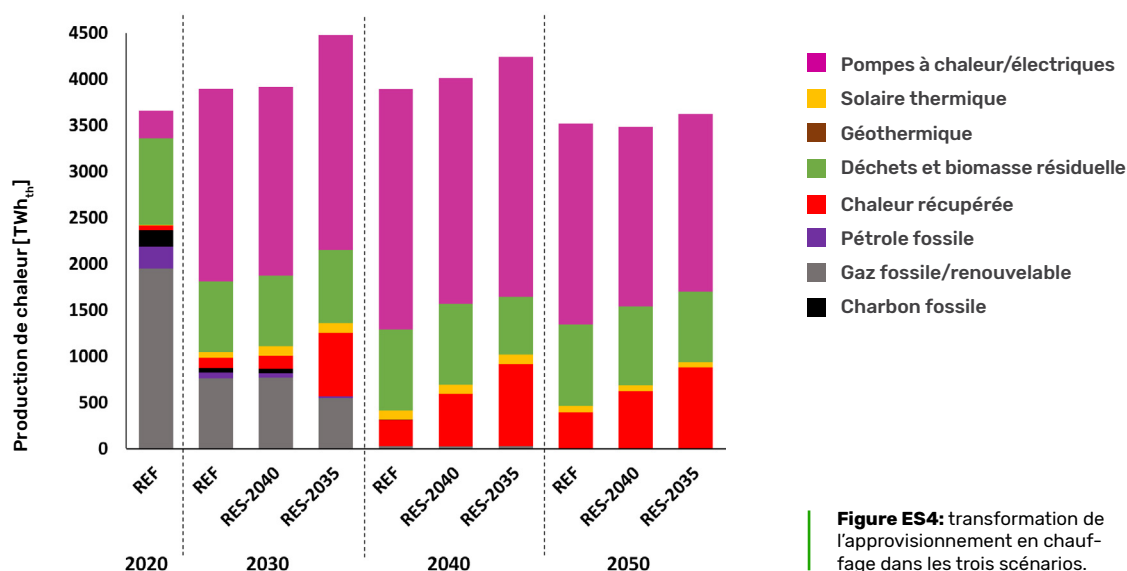


**Figure ES3:** transformation de l'approvisionnement en électricité dans les trois scénarios.

L'électricité s'impose comme principal vecteur énergétique dans les différents secteurs énergétiques, ce qui entraîne une augmentation de l'approvisionnement en électricité par rapport aux niveaux actuels: de plus de 2 530 TWh en 2020, on passe à un niveau plus de 2,5 fois supérieur d'ici à 2050 (7 050 TWh) dans le scénario REF, plus de 3 fois supérieur d'ici à 2040 (7 550 TWh) dans le scénario RES-2040 et près de 4 fois supérieur d'ici à 2035 (9 700 TWh) dans le scénario RES-2035 (voir figure ES3).

### — Une transformation de l'approvisionnement en chauffage dans toute l'UE

L'actuel secteur du chauffage de l'UE est fortement dominé par le gaz fossile, avec une part de 65 % dans l'offre et la majeure partie du gaz est importé. Une combinaison de chauffage électrique direct et indirect devrait s'imposer pendant la transition, avec environ 70 % de l'approvisionnement en chauffage dans les trois scénarios (voir figure ES4), grâce aux gains d'efficacité considérables offerts par ces solutions associant électricité et pompes à chaleur.



Le chauffage électrique basé sur les énergies renouvelables (direct) et les pompes à chaleur (indirect) devraient constituer la majorité des capacités de production de chaleur tout au long de la transition, complétés par une part faible, mais stable d'autres énergies renouvelables, essentiellement la bioénergie durable et une certaine quantité d'énergie solaire thermique. La chaleur récupérée, qui utilise la chaleur résiduelle de différents processus pour répondre à la demande, joue un rôle crucial dans la transition et améliore également l'efficacité du système énergétique de l'UE. Dans les trois scénarios, l'approvisionnement en chauffage se maintient aux niveaux actuels (voir figure ES4) malgré une baisse de la demande de chauffage pour les bâtiments et l'eau chaude sanitaire. Cela s'explique principalement par les gains d'efficacité considérables offerts par les nouvelles technologies de chauffage ainsi que par l'amélioration des normes de construction dans toute l'UE. Un abandon rapide du gaz fossile importé dans l'ensemble de l'UE est faisable et viable, comme souligné dans le scénario RES-2035, ce qui améliorera la sécurité énergétique et l'atténuation des changements climatiques.



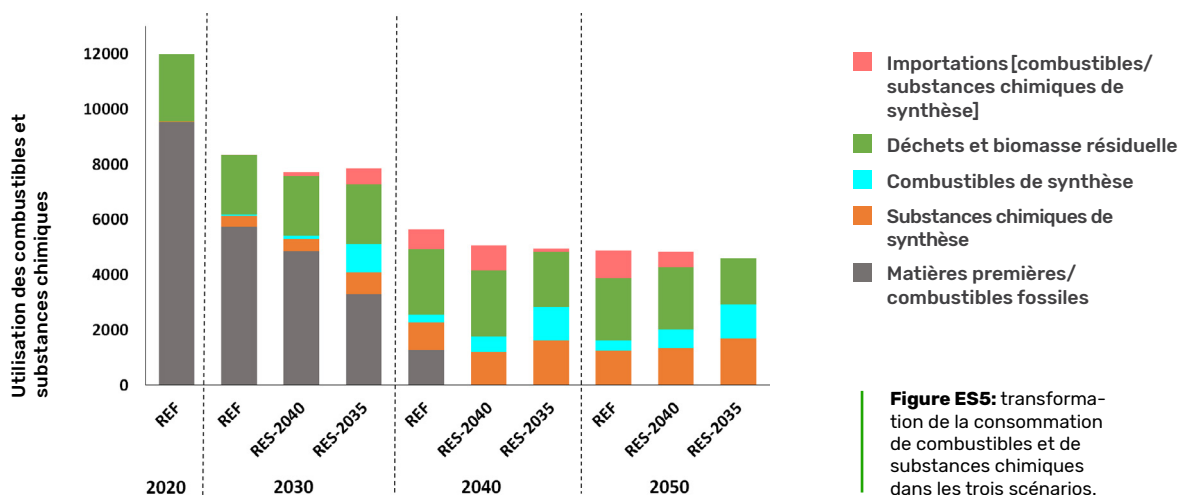
## — Une transformation de l'utilisation de carburants et de substances chimiques dans toute l'UE

Les combustibles fossiles dominent actuellement l'approvisionnement en énergie et en matières premières des secteurs du transport et de l'industrie dans l'ensemble de l'UE. Le secteur du transport tire environ 8 % de son énergie de sources renouvelables, essentiellement des biocarburants et, pour une certaine partie, de l'électricité. Avec la transition énergétique, l'électrification directe s'impose comme la solution la plus efficace pour décarboniser le secteur du transport routier, tandis que l'aviation et le transport maritime dépendent fortement, dans les trois scénarios, de carburants de synthèse obtenus à partir d'électricité renouvelable.

Le secteur de l'industrie inclut un approvisionnement en énergie et en matières premières pour industries du ciment, de l'acier, des produits chimiques, de l'aluminium, des pâtes et papiers et pour d'autres industries. Le secteur de l'industrie est actuellement dominé par les combustibles fossiles dans l'ensemble de l'UE. Il est toutefois complètement transformé dans les trois scénarios, grâce à l'électrification directe de certains procédés industriels comme la production sidérurgique et à l'adoption de procédés durables rendus possibles par les **combustibles électriques à base d'électricité renouvelable (hydrogène et méthane de synthèse et carburants Fischer-Tropsch) et de substances chimiques de synthèse (ammoniac et méthane de synthèse).**

L'électrification de masse, essentiellement dans les secteurs du transport routier et de certaines industries, réduit drastiquement la consommation de combustibles et de substances chimiques, d'environ 60 % d'ici 2050 et 2040 dans les scénarios REF et RES-2040 respectivement, et d'environ 50 % d'ici 2035 dans le scénario RES-2035 (voir figure ES5). Les combustibles fossiles restants sont essentiellement remplacés par des combustibles et substances chimiques de synthèse, avec une certaine part d'importations dans les trois scénarios, tandis que des combustibles durables à base de biodéchets sont nécessaires pour permettre la transition vers des systèmes d'énergie 100 % renouvelable dans l'ensemble de l'UE (voir figure ES5).

Une transformation en profondeur d'un secteur énergétique cloisonné en un système énergétique intégré, grâce à une électricité renouvelable à faible coût, apparaît dans les trois scénarios. L'électrification directe des activités de chauffage, de transport et de l'industrie, ainsi qu'une électrification indirecte grâce à la production de combustibles et de substances chimiques de synthèse, permettent de coupler les différents secteurs énergétiques afin d'accroître leur efficacité et les bénéfices économiques retirés.

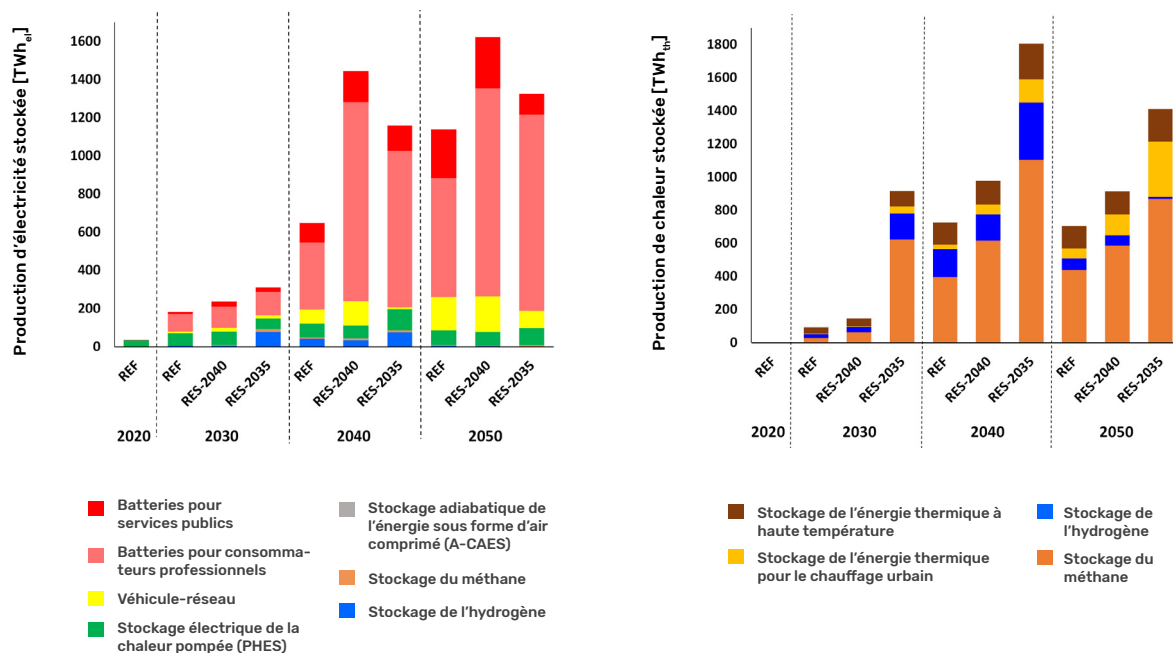


## Des normes de durabilité élevées pour la bioénergie dans toute l'UE

La bioénergie joue un rôle dans la production d'électricité et de chaleur, de même que dans la production de combustibles. Cependant, toutes les sources de bioénergie prises en considération dans la présente étude se trouvent largement en dessous des seuils de durabilité de la biodiversité dans l'ensemble de l'UE. Les sources de bioénergie sont essentiellement des déchets et des résidus et ne tiennent pas compte des cultures énergétiques, qu'elles proviennent de l'intérieur de l'UE ou d'ailleurs, sous la forme d'importations, au-delà de 2030. La consommation de bioénergie est estimée en tenant compte de sa valeur la plus élevée pour l'ensemble du système énergétique.

## Le stockage d'énergie apparaît être l'élément crucial d'un système d'énergie renouvelable 100 % intégré

Le stockage d'énergie joue un rôle essentiel dans la transition du système énergétique vers une part plus élevée d'énergies renouvelables, en apportant **stabilité et flexibilité**. En outre, les technologies de stockage d'énergie permettent d'intégrer au système énergétique la technologie dite « de véhicule- réseau », en couplant les secteurs de l'électricité et du transport, tandis que le stockage de gaz (méthane et hydrogène) complète les solutions de production de gaz à partir d'électricité. Les combinaisons de technologies de stockage couvrent la demande d'énergie tout au long de la période de transition, l'essentiel des besoins de stockage d'électricité étant satisfaits par des batteries (services publics et consommateurs professionnels) dans les trois scénarios (voir figure ES6). Les technologies de stockage du gaz, quant à elles, constituent un élément indispensable de la transition énergétique dans le cadre de la fourniture d'énergie saisonnière pour le chauffage, essentiellement à partir de biométhane, en particulier pendant l'hiver dans toute l'UE. Le stockage d'hydrogène joue davantage un rôle tampon pour les différentes solutions de production d'hydrogène à partir d'électricité, puis d'autres produits à partir d'hydrogène (solutions dites « power-H2-X »). Le stockage d'énergie thermique (SET), tant pour le chauffage urbain que pour le chauffage haute température, assure un approvisionnement fiable et stable en chauffage tout au long de la transition dans les trois scénarios.



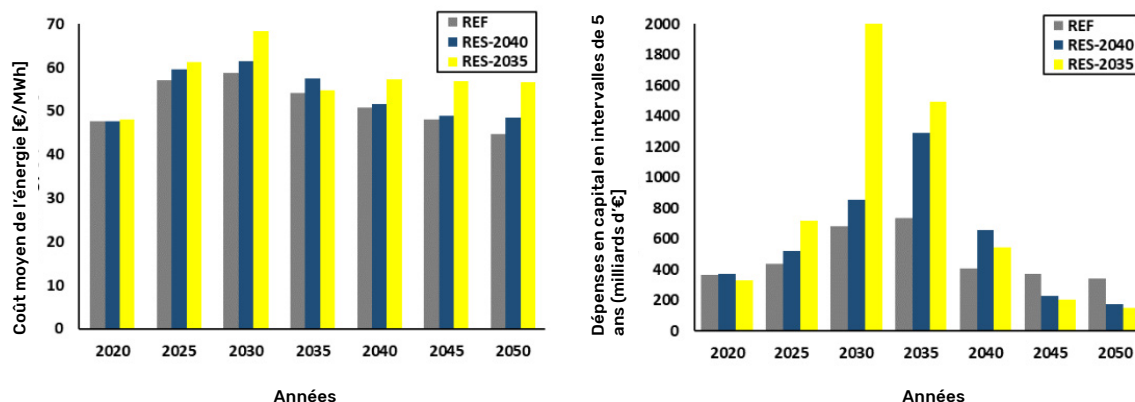
**Figure ES6:** production d'électricité stockée (à gauche) et production de chaleur stockée (à droite) tout au long de la transition dans les trois scénarios.

Une approche hautement intégrée, avec un couplage sectoriel intégral et des taux d'électrification élevés, donne le système énergétique le plus efficace et le plus rentable, tout en maintenant la croissance de la production d'électricité, de gaz et de chaleur stockée à environ 20-30 % de la demande d'énergie primaire dans les trois scénarios. Les technologies de stockage de l'énergie sont donc essentielles pour assurer des systèmes énergétiques efficaces et rentables à l'avenir.

### — Des investissements massifs sont nécessaires pour assurer une transition rapide du système énergétique dans l'ensemble de l'UE

Le coût de l'énergie fait partie des principaux facteurs déterminants de la viabilité des scénarios, plans, feuilles de route et voies à suivre en matière d'énergie. Il subsiste une crainte généralisée, même dans l'UE, quant aux coûts d'un scénario ambitieux pour la transition énergétique vers un système basé à 100 % sur les énergies renouvelables. Toutefois, la présente étude indique que les coûts du scénario le plus ambitieux, le RES-2035, qui prévoit 100 % d'énergies renouvelables dans toute l'UE, ne seront que 10-12 % plus élevés que ceux relevés en 2020. En outre, les coûts du scénario RES-2040 ne sont que 4-5 % plus élevés qu'en 2020. En revanche, la volatilité des prix des combustibles fossiles peut entraîner des hausses bien plus importantes des coûts du système énergétique. Si l'on tient compte des prix actuels de l'énergie générée par des combustibles fossiles<sup>7</sup>, les coûts totaux du système énergétique de l'UE seraient près de 70 % et 2 % plus élevés, respectivement, en 2025 et en 2030 par rapport à ceux de 2020. La dépendance vis-à-vis de combustibles fossiles importés évoluant sur des marchés mondiaux volatils génère donc des risques supplémentaires sur le plan économique ainsi que sur le plan environnemental. Toutefois, réaliser le scénario le plus ambitieux nécessite d'accroître les investissements dans l'énergie renouvelable et les technologies durables dans toute l'UE et **pendant la décennie actuelle : ces investissements devraient atteindre jusqu'à 2 000 milliards d'euros d'ici 2030** (voir figure ES7). Parallèlement, ces investissements stimuleront l'activité économique, créeront des emplois et permettront d'atteindre à la fois les objectifs européens de neutralité climatique et les objectifs de l'accord de Paris, tout en renforçant la sécurité énergétique dans toute l'Europe. La transition énergétique n'est pas seulement une affaire d'investissements directs, mais aussi de coût de production unitaire : si l'on regarde le coût moyen de l'énergie (LCOEnergy dans la figure ES7) à long terme, le scénario REF donne un coût moyen de 45 EUR/MWh en 2050, le scénario RES-2040 donne un coût moyen de 52 EUR/MWh en 2040 et le scénario RES-2035 donne un coût moyen de 55 EUR/MWh en 2035 (voir figure ES7). Ces niveaux sont relativement compétitifs par rapport au coût moyen actuel, qui était de 48 EUR/MWh en 2020. Ces chiffres indiquent qu'une transition énergétique accélérée en vue d'atteindre 100 % d'énergie renouvelable constitue une proposition plus attrayante, sur le plan économique, qu'une transition lente. Dans les trois scénarios, les coûts en capital prennent de plus en plus d'importance dans le coût moyen, à mesure que les coûts des combustibles perdent en importance au fil de la période de transition, grâce à l'abandon des combustibles fossiles et du nucléaire.

<sup>7</sup> Les prix moyens de l'énergie à base de charbon, de pétrole fossile et de gaz fossile au cours de l'hiver 2021-2022 en Europe ont été pris pour référence pour le système énergétique de l'UE en 2025, et pour 2030, le coût du gaz fossile a été estimé à 30 % des niveaux du prix moyen de l'hiver 2021-2022, en raison des incertitudes liées à l'augmentation des importations de GNL et aux distorsions du marché à long terme.

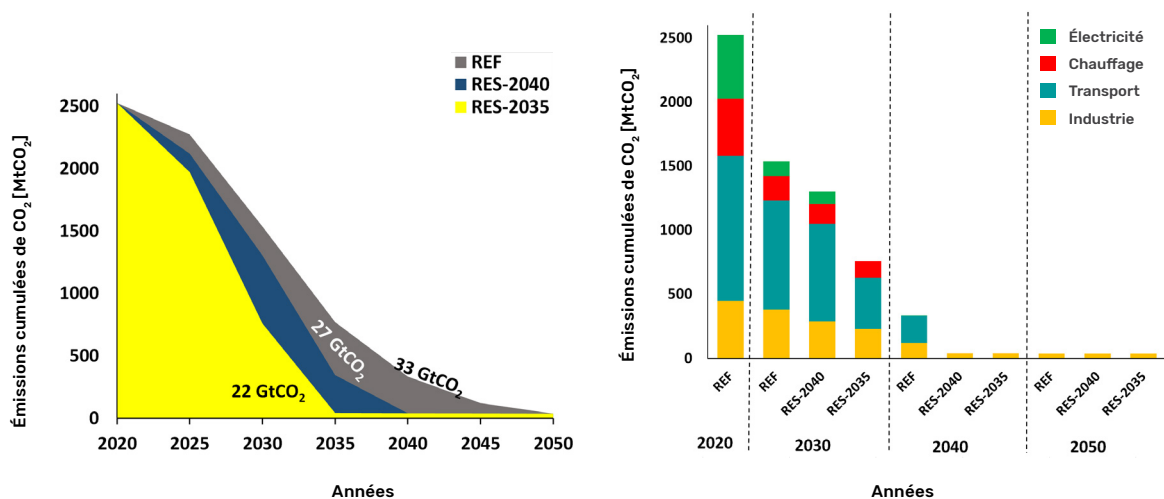


**Figure ES7:** coût moyen de l'énergie (à gauche) et nouvelles dépenses en capital (à droite) tout au long de la transition dans les trois scénarios. Les dépenses en capital couvrent la période de 5 ans concernée.

En résumé, **le rythme de la transition énergétique dans l'ensemble de l'UE est directement déterminé par le rythme des investissements qui seront réalisés en faveur de l'énergie renouvelable et des technologies durables dans les années à venir.** Ce constat sert clairement d'indication aux décideurs politiques quant aux priorités à établir au moment d'affecter les investissements. Une transition énergétique accélérée dans l'ensemble de l'UE pourrait rendre possible une reprise économique écologique à la suite des effets de la pandémie, garantir des niveaux élevés de sécurité énergétique grâce à une énergie renouvelable locale, éviter les importations coûteuses de combustibles fossiles, assurer l'indépendance énergétique vis-à-vis de la Russie et réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et la pollution qui y est associée, en stabilisant ainsi le climat et en améliorant l'environnement.

**— Une transition énergétique accélérée permet la plus forte réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'UE**

Une transition énergétique accélérée en vue d'atteindre 100 % d'énergies renouvelables entraîne une forte réduction des émissions de CO<sub>2</sub> liées au système énergétique dans l'ensemble de l'UE. Les émissions de CO<sub>2</sub> diminuent dans les trois scénarios, passant d'environ 2 500 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>) en 2020 à des émissions quasi nulles d'ici 2035 dans le scénario RES-2035, quasi nulles d'ici 2040 dans le scénario RES-2040 et quasi nulles d'ici 2050 dans le scénario REF (les émissions restantes étant les émissions de CO<sub>2</sub> liées au calcaire dans l'industrie du ciment, qui peuvent être réduites grâce au captage et au stockage du carbone ou à des solutions climatiques naturelles, tandis que les émissions liées à l'énergie passent à zéro) (voir figure ES8). Les émissions de CO<sub>2</sub> cumulatives restantes comprennent environ 22 gigatonnes de CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>) entre 2020 et 2035 dans le scénario RES-2035, environ 27 GtCO<sub>2</sub> entre 2020 et 2040 dans le scénario RES-2040 et 33 GtCO<sub>2</sub> entre 2020 et 2050 dans le scénario REF (voir figure ES8).



**Figure ES8:** émissions de CO<sub>2</sub> cumulatives (à gauche) et émissions de CO<sub>2</sub> sectorielles (à droite) tout au long de la transition dans les trois scénarios.

Les scénarios RES-2035 et RES-2040 pour la transition énergétique de l'UE sont compatibles avec l'Accord de Paris. Le scénario RES-2035 présente une voie accélérée pour atteindre l'objectif ambitieux d'un maintien de la hausse des températures **en dessous de 1,5 °C et permettre à l'UE d'adopter un rôle de leader mondial**. Le scénario RES-2040, quant à lui, est légèrement moins ambitieux, en présente une voie permettant de limiter probablement le réchauffement à 1,5 °C. Enfin, le scénario REF est le moins ambitieux, puisqu'il prévoit un réchauffement supérieur à 1,5 °C.

En résumé, les résultats de l'étude indiquent qu'une stratégie peu ambitieuse dans l'UE ferait peser des contraintes sur la société européenne, non seulement liées aux changements climatiques et aux perspectives économiques, mais liées aussi à l'augmentation des risques d'insécurité énergétique. Les résultats montrent qu'une stratégie de transition énergétique très ambitieuse, visant à atteindre 100 % d'énergies renouvelables d'ici à 2040, est techniquement faisable et économiquement viable. Cette stratégie pourrait encore être accélérée en adoptant des mesures politiques faisant considérablement pression sur les acteurs d'ici à 2035. Tout cela nécessite une augmentation significative des investissements, mais a l'avantage d'assurer des coûts énergétiques unitaires stables. Avec la promesse d'une énergie durable produite localement, la fin de la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles devient une réalité, et, surtout, nous serons en voie d'atteindre l'objectif climatique de 1,5 °C énoncé dans l'accord de Paris.

## Annexe

Cette annexe contient des résultats plus détaillés sur l'évolution des parts d'énergies renouvelables dans le système énergétique, de la production d'électricité et des normes d'efficacité, également pour les sous-secteurs de la construction, du chauffage, du transport et de l'électricité. Les résultats du scénario principal, le RES-2040, ont été mis en évidence.

Tableau A1 : demande d'énergie primaire et consommation finale d'énergie dans l'ensemble de l'UE dans le scénario RES-2040.

	DEMANDE D'ÉNERGIE PRIMAIRE ET CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE <sup>9</sup> DANS L'UE-27						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
DEP (TWH)	13 197	12 808	11 216	10 688	9 648	9 623	9 621
PED (MILLIONS DE TEP)	1 135	1 135	964	919	830	827	827
CFE (TWH)	11 058	10 469	9 289	8 692	8 548	8 499	8 517
CFE (MILLIONS DE TEP)	951	900	799	747	735	731	732

Tableau A2 : parts d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie des États membres de l'UE dans le scénario RES-2040.

	PARTS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE DANS LA CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE (EN %)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AUTRICHE	38 %	34 %	61 %	92 %	100 %	100 %	100 %
BELGIQUE	10 %	16 %	47 %	89 %	100 %	100 %	100 %
BULGARIE	26 %	35 %	55 %	87 %	100 %	100 %	100 %
CROATIE	21 %	43 %	62 %	91 %	100 %	100 %	100 %
CHYPRE	20 %	24 %	57 %	90 %	100 %	100 %	100 %
<b>UE-27</b>	<b>21 %</b>	<b>29 %</b>	<b>56 %</b>	<b>88 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

<sup>9</sup> La demande d'énergie primaire (DEP) et la consommation finale d'énergie (CFE) sont définies sur la base d'Eurostat: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-13>

	PARTS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE DANS LA CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE (EN %)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
RÉPUBLIQUE TCHÈQUE	22 %	27 %	52 %	79 %	100 %	100 %	100 %
DANEMARK	33 %	47 %	65 %	92 %	100 %	100 %	100 %
ESTONIE	34 %	47 %	68 %	92 %	100 %	100 %	100 %
FINLANDE	33 %	48 %	75 %	91 %	100 %	100 %	100 %
FRANCE	20 %	32 %	54 %	83 %	100 %	100 %	100 %
ALLEMAGNE	18 %	25 %	58 %	90 %	100 %	100 %	100 %
GRÈCE	26 %	35 %	55 %	87 %	100 %	100 %	100 %
HONGRIE	38 %	34 %	61 %	92 %	100 %	100 %	100 %
IRLANDE	15 %	24 %	57 %	89 %	100 %	100 %	100 %
ITALIE	20 %	20 %	50 %	89 %	100 %	100 %	100 %
LETTONIE	34 %	47 %	68 %	92 %	100 %	100 %	100 %
LITUANIE	34 %	47 %	68 %	92 %	100 %	100 %	100 %
LUXEMBOURG	10 %	16 %	47 %	89 %	100 %	100 %	100 %
MALTE	20 %	20 %	50 %	89 %	100 %	100 %	100 %
PAYS-BAS	10 %	16 %	47 %	89 %	100 %	100 %	100 %
POLOGNE	13 %	39 %	65 %	93 %	100 %	100 %	100 %
PORTUGAL	20 %	25 %	53 %	88 %	100 %	100 %	100 %
ROUMANIE	26 %	35 %	55 %	87 %	100 %	100 %	100 %
SLOVAQUIE	22 %	27 %	52 %	79 %	100 %	100 %	100 %
SLOVÉNIE	21 %	43 %	62 %	91 %	100 %	100 %	100 %
ESPAGNE	20 %	25 %	53 %	88 %	100 %	100 %	100 %
SUÈDE	44 %	44 %	65 %	89 %	100 %	100 %	100 %
<b>UE-27</b>	<b>21 %</b>	<b>29 %</b>	<b>56 %</b>	<b>88 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>



Tableau A3 : parts d'énergie renouvelable dans différentes filières énergétiques de l'UE dans le scénario RES-2040.

	PARTS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE (EN %) DANS L'ENSEMBLE DE L'UE						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ	39 %	59 %	81 %	95 %	100 %	100 %	100 %
BÂTIMENTS	35 %	42 %	77 %	96 %	100 %	100 %	100 %
CHAUFFAGE	33 %	36 %	75 %	96 %	100 %	100 %	100 %
INDUSTRIE <sup>10</sup>	0 %	31 %	75 %	95 %	100 %	100 %	100 %
TRANSPORT	4 %	6 %	17 %	72 %	100 %	100 %	100 %

<sup>10</sup> Hydrogène vert (H<sub>2</sub>) à usage non énergétique dans l'industrie.







60 rue Wiertz/Wiertzstraat 60  
1047 Brussels, Belgium  
[www.greens-efa.eu](http://www.greens-efa.eu)  
[contactgreens@ep.europa.eu](mailto:contactgreens@ep.europa.eu)