

ÉNERGIES RENOUVELABLES, FLEXIBILITE, STOCKAGE ET AUTOCONSOMMATION : DE NOUVELLES DYNAMIQUES EN FAVEUR DE LA TRANSITION

DOSSIER DE PRESSE

29.01.2025

La Stratégie Française Energie Climat mise en consultation par le gouvernement le 4 novembre 2024, prévoit 4 piliers complémentaires :

- La sobriété énergétique,
- L'efficacité énergétique,
- La relance du nucléaire,
- L'accélération des énergies renouvelables.

Elle vise notamment la réduction de 40 à 50% de notre consommation d'énergie en 2050 par rapport à 2021, grâce à la sobriété et l'efficacité énergétique, la réduction du recours aux énergies fossiles grâce à l'électrification, à la chaleur renouvelable et à une augmentation importante des productions photovoltaïque (multiplication de la puissance installée par 4 par rapport à aujourd'hui¹) et éolienne (multiplication par 2,5 pour l'éolien²) d'ici 2035.

C'est dans ce contexte ambitieux que l'ADEME publie aujourd'hui plusieurs documents répondant à ces enjeux :

- **Quel coût pour les énergies renouvelables**, avec la publication de la mise à jour de l'étude bisannuelle sur le coût des énergies renouvelables aujourd'hui,
- **Comment concilier l'électrification des usages et la part croissance des productions variables des énergies renouvelables**, avec un nouvel AVIS de l'ADEME sur la flexibilité et le stockage,
- **Comment faciliter l'appropriation des énergies renouvelables**, avec la mise à jour de l'AVIS de l'ADEME sur l'autoconsommation individuelle

SOMMAIRE

LA FLEXIBILITE ÉLECTRIQUE : UN LEVIER ESSENTIEL POUR RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE.....	3
ENERGIES RENOUVELABLES : L'ADEME CONFIRME LEUR COMPÉTITIVITÉ MALGRÉ LES CRISES	5
L'AUTOCONSOMMATION PHOTOVOLTAÏQUE INDIVIDUELLE : UNE SOLUTION GAGNANTE, A LA FOIS POUR LES CONSOMMATEURS ET DU POINT DE VUE DE LA COLLECTIVITE.....	8

¹ Objectif 2035 entre 75 et 100 GW, pour 21 GW installés fin 2024

² Objectif 2035 entre 57 et 63 GW, pour environ 25 GW installés en sept 2024 (terrestre et offshore)

LA FLEXIBILITE ÉLECTRIQUE : UN LEVIER ESSENTIEL POUR RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Le système électrique français est en pleine mutation. L'augmentation de la part de l'électricité dans le mix énergétique de la France afin de baisser les émissions de gaz à effet de serre implique le développement de la production décarbonée dont une partie très significative de sources de production variables, comme le solaire et l'éolien. Or, la production de ces énergies varie en fonction des conditions météorologiques, ce qui pose de nouveaux défis pour l'équilibre du réseau électrique. Afin d'explorer les enjeux et les solutions pour adapter le système électrique français à cette nouvelle donne énergétique et garantir son équilibre et sa sécurité d'approvisionnement, l'ADEME publie ce jour son avis « *Flexibilité et le stockage : Quel rôle du consommateur dans l'évolution du système électrique ?* ».

Rappel : qu'est-ce que la flexibilité et le stockage ?

La **flexibilité** d'un système électrique se définit comme la capacité à ajuster la production et la consommation d'électricité en temps réel, en réponse aux fluctuations du réseau. A l'échelle de l'utilisateur, la flexibilité consiste essentiellement à adapter sa consommation au cours de la journée en déplaçant les consommations sur les périodes de productions abondantes et notamment renouvelables.

Le **stockage de l'énergie** est la capacité à conserver une quantité d'énergie produite à un instant donné pour l'utiliser ultérieurement. Face au développement des énergies renouvelables variables (solaire, éolien), le stockage devient un élément clé de la flexibilité du système électrique. Il permet d'équilibrer l'offre et la demande d'électricité en conservant l'énergie produite en surplus pour la restituer lorsque la production est insuffisante.

Flexibilité de la demande : dépendre moins du stockage, permettre d'intégrer plus d'énergies renouvelables

La programmation pluriannuelle de l'énergie en cours de consultation prévoit, pour l'horizon 2035, une augmentation importante des productions photovoltaïque (multiplication de la puissance installée par 4 par rapport à aujourd'hui³) et éolienne (multiplication par 2,5 pour l'éolien⁴).

Malgré le caractère variable des installations éoliennes et photovoltaïques (41,6 GW de capacités installées en 2023), leur développement important dans le mix électrique en France métropolitaine dans les années à venir est loin de nécessiter l'installation d'une puissance de stockage équivalente. Des scénarios prospectifs récents publiés par RTE et l'ADEME, avec une forte croissance des énergies variables (puissance multipliée par 5 d'ici 2050 par rapport à aujourd'hui, soit environ 200GW) conduisent au plus à un triplement de la puissance de stockage (turbinage-pompage, batteries) nécessaire, soit moins de 20GW en 2050, tandis que les puissances nécessaires de centrales thermiques, jouant notamment un rôle de stockage intersaisonnier, diminuent (fioul, charbon, gaz ou hydrogène). **L'idée selon**

³ Objectif 2035 entre 75 et 100 GW, pour 21 GW installés fin 2024

⁴ Objectif 2035 entre 57 et 63 GW, pour environ 25 GW installés en sept 2024 (terrestre et offshore)

laquelle un MW d'énergie renouvelable nécessite l'installation d'un MW de stockage ou d'un MW de centrale au gaz est donc largement inexacte.

Ces besoins limités en nouveaux stockages dédiés à l'équilibre entre la consommation et la production s'expliquent en partie par l'opportunité de développer la flexibilité de la demande, d'autant plus avec l'arrivée des véhicules électriques. En effet, le décalage de la consommation vers le moment où l'électricité est produite, devrait permettre de recharger les stockages déjà présents chez les consommateurs (véhicules électriques, ballons d'eau chaude) pour équilibrer l'offre et la demande. **Ainsi la modulation à la baisse ou à la hausse de la consommation, qui consiste à décaler tout ou partie d'un usage électrique, permettrait de réduire les coûts et les impacts environnementaux de la transition en limitant le développement de stockages dédiés.**

La flexibilité de la demande est aujourd'hui essentiellement mise en œuvre au travers du **pilotage heures pleines / heures creuses** des ballons d'eau chaude et de l'effacement des industriels majeurs, mais est vouée à évoluer pour s'adapter à la plus grande variabilité de la production renouvelable et à s'adresser à l'ensemble des consommateurs.

La flexibilité de la demande est également complémentaire de la maîtrise de l'énergie, qui consiste à réduire le gaspillage et améliorer l'efficacité énergétique. **Il s'agit de « consommer moins » et « consommer mieux », c'est à dire à un moment sans contrainte pour le système électrique.**

Au-delà des services rendus au système électrique, **la flexibilité permet également une baisse de nos émissions de CO2 lors des pointes de consommation, et une meilleure valorisation des pics de production d'électricité renouvelable.** Il devient ainsi urgent de programmer et généraliser des heures creuses en milieu de journée pour éviter d'écarter les productions solaires qui pourraient survenir en journée par manque de consommation, en favorisant la recharge des véhicules électriques à ces horaires par exemple.

Agir collectivement pour développer la flexibilité de la demande

Alors que le déploiement du stockage dédié au réseau électrique pourrait se faire sans nécessité d'impliquer le consommateur, **le déploiement de la flexibilité demande de modifier notre rapport à l'énergie, en donnant un rôle plus central à l'ensemble des consommateurs dans l'équilibrage du système électrique.** Ce déploiement de la flexibilité nécessite l'implication des fournisseurs d'électricité et des **pouvoirs publics** pour développer les opportunités économiques essentielles à l'engagement des consommateurs. La flexibilité pourra ainsi se mettre en œuvre plus largement par différents leviers : **une démarche active du consommateur volontaire, de nouvelles offres tarifaires à différenciation temporelle du prix de l'électricité en fonction des moments de la journée et le déploiement de boîtiers pour automatiser cette flexibilité.**

ÉNERGIES RENOUVELABLES : L'ADEME CONFIRME UN RENFORCEMENT DE LEUR COMPÉTITIVITÉ MALGRÉ LES CRISES

La France, en collaboration avec l'Union européenne, s'engage activement dans la transition énergétique en développant les énergies renouvelables et de récupération (EnR&R). Dans un contexte marqué par les perturbations géopolitiques et économiques de ces dernières années, l'ADEME publie ce jour la 4^{ème} édition de son étude sur les coûts de production de 9 filières d'EnR&R en France. Intitulée « *Évolution des coûts des énergies renouvelables et de récupération en France entre 2012 et 2022* », elle fournit des données clés pour évaluer la compétitivité des EnR&R et optimiser les investissements dans ce domaine. Malgré la hausse des prix de l'énergie et des matières premières à partir de 2021, l'étude révèle que les énergies renouvelables ont globalement résisté à la crise et renforcé leur compétitivité face aux solutions conventionnelles (généralement basée sur le gaz).

Cette étude est réalisée par l'exploitation de sources de données variées, notamment issues des projets soutenus par l'ADEME, de contributeurs du secteur privé mobilisés dans le cadre de la collecte de données, des rapports d'analyse de la CRE, et d'entretiens avec plus d'une trentaine d'associations professionnelles et acteurs des filières EnR&R. Elle évalue les coûts de production de toutes les filières de production d'électricité, de chaleur et de gaz renouvelables.

Malgré un contexte économique tendu, les énergies renouvelables électriques résistent à la crise

Malgré la hausse des prix de l'énergie et des matières premières en 2022, **les énergies renouvelables électriques ont globalement résisté à la crise et sont devenues compétitives face aux filières conventionnelles dans de nombreux cas d'usage. La compétitivité des ENR électriques s'explique par plusieurs facteurs, notamment la baisse des coûts des technologies, l'amélioration des performances des installations et la mise en place de politiques de soutien.**

Les coûts de production de l'électricité renouvelable ont largement diminué sur les 10 dernières années, notamment pour le photovoltaïque (-50%) et l'éolien terrestre (-40%). Ces dernières sont les sources d'énergie renouvelable les plus compétitives pour la production d'électricité, avec, en 2022, des coûts de production significativement inférieurs à ceux de nouvelles centrales à gaz. Cette année-là, le coût de production de l'éolien terrestre s'établit en effet à 59 €/MWh, tandis que celui du photovoltaïque varie de 70 à 91 €/MWh selon la puissance, la typologie (toiture ou sol) et la localisation de l'installation. Ces chiffres sont nettement inférieurs au coût de production des centrales à cycle combiné gaz (CCGT), qui a atteint 172 €/MWh en 2022, ce qui montre la protection que présentent les EnR contre la volatilité des cours des énergies fossiles.

Une véritable avancée pour la transition énergétique qui profite également aux particuliers : **l'autoconsommation photovoltaïque confirme son attractivité, avec des coûts inférieurs au prix de l'électricité pour les ménages.**

Face à ces évolutions rapides, les dispositifs de soutien aux EnR restent utiles (complément de rémunération) en permettant de réduire le risque perçu par les investisseurs tout en limitant les coûts pour l'État.

Production de chaleur renouvelable : quelles solutions pour quels usages ?

En 2022, les solutions de chauffage pour les particuliers affichent une stabilité globale des prix, à l'exception des appareils à granulés qui ont subi de façon conjoncturelle une forte hausse. La chaudière et le poêle à bûches restent les options les plus économiques (106 et 109 €/MWh). Sur les 10 dernières années, les coûts de production du chauffage ont augmenté modérément, principalement en raison du prix des équipements. Le solaire thermique se distingue avec une baisse continue de son coût (164 €/MWh). Les coûts de production des filières de référence ont augmenté d'environ 20 % sur les 10 dernières années, atteignant 125 €/MWh pour la chaudière à gaz individuelle et 294 €/MWh pour le radiateur électrique.

En ce qui concerne l'eau chaude sanitaire, le solaire thermique (213 €/MWh) et les chauffe-eau thermodynamiques (231 €/MWh) sont plus compétitifs que le ballon d'eau chaude électrique (261 €/MWh) qui est la solution conventionnelle citée.

Pour la production de chaleur dans le collectif et le tertiaire, la géothermie (97-133 €/MWh) et le bois énergie (103 €/MWh) se révèlent être des solutions compétitives. Malgré une hausse des coûts entre 2020 et 2022, ces filières restent des alternatives crédibles face aux solutions conventionnelles. En effet, les coûts des filières conventionnelles type chaudières à gaz sont légèrement plus compétitifs que ceux des EnR, oscillant entre 81 et 94 € HT/MWh, elles ont toutefois connu une forte volatilité sur la période 2021 – 2022 avec des coûts en augmentation de plus de 50%. Le solaire thermique affiche quant à lui une baisse continue de son coût (159 €/MWh).

Concernant les réseaux de chaleur, les filières biomasse ont connu une hausse modérée de leurs coûts sur les 10 dernières années (en moyenne 15%), atteignant en 2022 des coûts entre 108 et 192 € HT/MWh. **Enfin, il est important de noter que les chaudières gaz de plus de 3MW, bien que compétitives (75 €/MWh), ont subi une forte augmentation de prix (+79%) entre 2020 et 2022.**

Dans l'industrie, le solaire thermique affiche des coûts de production de chaleur très compétitifs (71 €/MWh), tout comme les chaudières utilisant des combustibles solides de récupération (CSR) (54-71 €/MWh). Face à la flambée des prix du gaz en 2022, les filières ENR&R sont devenues majoritairement plus économiques que les chaudières gaz industrielles, dont le coût a augmenté de plus de 90% entre 2020 et 2022 pour atteindre 76 €/MWh.

Le contexte de baisse des prix du gaz en 2024 renverse de nouveau ces équilibres, maintenant nécessaires des aides publiques pour continuer le développement de la chaleur renouvelable. Le montant élevé des coûts d'investissement des filières EnR constitue par ailleurs souvent un frein au déclenchement des projets.

La méthanisation, une filière d'avenir face à l'instabilité des prix du gaz.

Le coût de production du biométhane injecté dans les réseaux se situe entre 105 et 112 €/MWh. Face à l'explosion du prix du gaz fossile entre 2020 et 2022 (passé de 10 à 99 €/MWh), **la méthanisation a montré qu'elle était une solution stable, locale et de moins en moins coûteuse pour les finances publiques.**

Le biométhane présente de nombreux avantages : il est produit localement à partir de ressources renouvelables, contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et peut se substituer directement au gaz naturel dans les réseaux existants. L'ADEME soutient activement le développement de cette filière prometteuse pour la transition énergétique.

« Ces résultats confirment que malgré les turbulences économiques et géopolitiques, la transition énergétique est en marche. Les énergies renouvelables sont maintenant des

solutions compétitives et incontournables pour un avenir énergétique durable et résilient. Les soutiens publics restent nécessaires pour assurer cette compétitivité face aux fluctuations rapides des énergies fossiles et rassurer les investisseurs. » **souligne Sylvain Waserman, Président-directeur général de l'ADEME.**

L'AUTOCONSOMMATION PHOTOVOLTAÏQUE INDIVIDUELLE : UNE SOLUTION GAGNANTE, A LA FOIS POUR LES CONSOMMATEURS ET DU POINT DE VUE DE LA COLLECTIVITE

Le marché de l'autoconsommation individuelle photovoltaïque connaît un essor important ces dernières années. Entre 2023 et 2024, on observe une croissance de 54% du nombre d'installations photovoltaïques en autoconsommation individuelle. En 2023, la production d'électricité d'origine solaire photovoltaïque a représenté 4,9 % de la consommation électrique française. Face à cet essor et au rôle déterminant que l'autoconsommation individuelle est amenée à jouer ces prochaines années dans la fourniture d'électricité en France pour atteindre les objectifs fixés par la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie, l'ADEME publie ce jour son avis sur « *l'autoconsommation individuelle d'origine photovoltaïque* ». Cet avis vise à clarifier les enjeux, les bénéfices et les points de vigilance liés à cette solution d'avenir qui s'impose comme une filière de production d'électricité renouvelable incontournable.

Les bénéfices de l'autoconsommation : économies, écologie et avenir énergétique

Le développement de l'autoconsommation présente de réels bénéfices pour la collectivité et les consommateurs : pour la collectivité, elle contribue à l'atteinte des objectifs de développement des énergies renouvelables et du photovoltaïque en toiture en particulier, limitant ainsi le besoin de foncier et les conflits d'usage du sol. Pour les consommateurs (particuliers, collectivités et entreprises), elle permet de maîtriser l'origine d'une partie de sa consommation d'électricité, ainsi que de réduire et de sécuriser une partie de sa facture. En effet, pour les particuliers sur l'année 2024, le coût de production du solaire photovoltaïque d'une installation de 3 à 9 kWc est de l'ordre de 13 à 19 centimes d'euros par kWh, alors que le prix du kWh acheté via une offre de fourniture classique avoisine aujourd'hui 25 c€/kWh (tarif réglementé de vente d'électricité en 2024).

C'est aussi un investissement propice à la mise en œuvre d'autres actions en faveur de la transition énergétique reposant sur la conversion d'usages à l'électricité, comme le passage à la mobilité électrique et aux pompes à chaleur. Ces bénéfices ainsi que la rentabilité d'une installation en toiture reposent sur le juste dimensionnement de l'installation photovoltaïque de manière à maximiser la puissance installée dans des orientations favorables (Sud, Est, Ouest), tout en cherchant à synchroniser au mieux les consommations d'électricité du site avec les moments de production de l'installation solaire.

Une solution particulièrement adaptée à certains secteurs d'activité

Les secteurs d'activités dont les consommations d'électricité sont principalement diurnes (tertiaire, agriculture, industrie) sont ainsi les plus favorables. Ces bâtiments, s'ils sont neufs et de surface d'emprise au sol supérieure à 500 m² sont d'ailleurs soumis à l'obligation de solarisation – obligation qui sera étendue aux bâtiments existants dès 2028. Des obligations de solarisation concernent également l'ensemble des parcs de stationnement existants de surface supérieure à 1500 m² sur 50% de leur surface au minimum, et ce à partir de juillet 2028. De plus, pour les bâtiments tertiaires de 1000 m² d'emprise au sol ou plus, neufs ou existants, le « décret tertiaire » impose de réduire la consommation d'énergie finale du bâtiment d'au moins 40% d'ici à 2030 par rapport à une année de référence. L'autoconsommation pourra contribuer à l'atteinte de ces objectifs, car l'électricité autoconsommée est considérée comme une réduction de la consommation d'électricité habituellement issue du réseau.

Pour le secteur résidentiel, dont la consommation est moins bien synchronisée avec la production de l'installation solaire, l'autoconsommation y est pertinente notamment si les

usages les plus consommateurs sont déplacés pendant les heures d'ensoleillement, comme la charge d'un véhicule électrique, la climatisation ou encore la production et le stockage d'eau chaude sanitaire dans les ballons d'eau chaude électriques. **Pour les logements neufs, la mise en place de nouvelles dispositions réglementaires permettrait de déployer le photovoltaïque en optimisant les coûts d'investissement** grâce à la substitution de certains équipements de couverture (tuiles, étanchéité...) par des modules solaires, **ce qui faciliterait l'atteinte des objectifs de déploiement des énergies renouvelables** tout en limitant les surcoûts par rapport aux travaux sur une couverture classique.

Optimiser son installation photovoltaïque : le stockage d'énergie est-il nécessaire ?

Afin de maximiser la consommation de la production photovoltaïque, il peut être tentant de recourir à du stockage par batterie stationnaire. L'ADEME préconise de rester prudent sur ce choix, leur pertinence environnementale pour maximiser l'autoconsommation pouvant être questionnée, notamment en raison des besoins en ressources minérales et métalliques nécessaires à leur fabrication. **Le déploiement des véhicules électriques adossé à un pilotage intelligent de la recharge devrait contribuer à cette maximisation** : en effet, ceux-ci possèdent des batteries « embarquées », dont la recharge pourra être effectuée lors des heures de production photovoltaïque, sans nécessiter de batteries additionnelles.

Le développement des flexibilités de la consommation d'électricité est un levier indispensable pour limiter les surplus d'électricité injectés ainsi que les tensions sur le réseau de distribution accrues par l'électrification des usages.

Les kits PV « Plug & Play » arrivés récemment sur le marché et disponibles en vente directe aux particuliers sont intéressants par leur coût et leur simplicité d'installation. Ces solutions prometteuses étant mises en œuvre sans l'intervention d'un électricien, **l'ADEME recommande de respecter scrupuleusement les consignes d'installation et de branchement fournies par les fabricants** et rappelle que **leur déclaration est nécessaire** auprès du gestionnaire de réseau, de l'assurance et de la mairie pour certaines installations.

ADEME

Tél : 01 58 47 81 28
Mél : ademepresse@havas.com
Service de Presse

155 bis, Avenue Pierre Brossolette
92541 Montrouge Cedex

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle du [ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche](#), du [ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique](#) et du [ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche](#).

www.ademe.fr