

Électrification : sortir des fossiles, sans créer de nouvelles dépendances

Un chantier au cœur de l'ADN de l'ADEME

David Marchal*

Le plan d'électrification que vient de lancer le gouvernement est une évidence à court terme, pour réduire notre dépendance aux énergies fossiles. Notre taux de dépendance énergétique aux fossiles est de 60 %, rappelons-le. Le plan propose des mesures pour accélérer rapidement la dynamique d'électrification. Il faut également l'appréhender comme un chantier de longue haleine, qui nécessite certes d'impulser une dynamique rapide et forte pour développer les usages de l'électricité, mais aussi de viser juste et de préparer les bonnes conditions de réalisation pour en maximiser les impacts positifs et tenir dans la durée.

L'électrification est un levier indispensable pour atteindre la neutralité carbone, un levier de souveraineté et une opportunité pour absorber le surplus de production actuel d'électricité.

L'électricité comme levier pour atteindre la neutralité carbone et renforcer notre souveraineté énergétique

À long terme, il n'y a que 3 leviers pour atteindre la neutralité carbone sur le plan énergétique : réduire nos consommations, produire une énergie décarbonée et capter les émissions de CO₂ résiduelles. Et la production d'une énergie décarbonée repose nécessairement sur la biomasse et l'électricité. Or, les travaux de prospective réalisés par l'ADEME, négaWatt ou le Shift Project montrent que le recours à la biomasse pour produire de l'énergie, s'il peut sans doute doubler à l'horizon 2050 (principalement via de la biomasse agricole), se heurte à une borne

haute en termes de gisement, de l'ordre de 300 à 400 TWh [ADEME]. Ces travaux sont en cours de mise à jour, mais l'ordre de grandeur est là. Pour couvrir une consommation de 1 000 à 1 250 TWh d'énergie finale en 2050, il est donc nécessaire d'augmenter fortement la production d'électricité, qui a été de 550 TWh en 2025 [RTE, 2026a].

L'électricité est également un levier de souveraineté, au vu de la fragilité de notre économie face à sa dépendance aux énergies fossiles : bien que le taux d'indépendance énergétique puisse parfois nous induire en erreur¹, nos consommations d'énergie finale reposent à 59,6 % sur les énergies fossiles [SDES, 2025]. Cette fragilité est exacerbée sur le secteur des transports, dont les émissions et la consommation d'énergies fossiles n'ont pas baissé depuis les années 1990, les progrès liés à l'efficacité énergétique ayant été intégralement compensés par l'augmentation du trafic, laissant un secteur aujourd'hui encore dépendant à 90 % de produits pétroliers importés. En transférant ces consommations d'énergie vers une électricité produite localement, l'électrification est donc un levier fort pour gagner en souveraineté énergétique.

C'est toute l'ambition du plan d'électrification lancé par le gouvernement en avril 2026 : accélérer ce recours à une énergie décarbonée dans nos usages de l'énergie, tout en profitant du solde exportateur électrique important. En effet, la France est structurellement exportatrice d'électricité depuis les années 1980, avec un solde annuel qui dépasse 60 TWh dès les années 1990, et qui est resté très élevé jusqu'à

* ADEME.

aujourd'hui². En 2024 et 2025, ce solde est même passé au-delà de 90 TWh.

Consommer ce qu'on produit... Quand électrifier devient une évidence

La dynamique du développement de l'autoconsommation est très forte en France ces dernières années, avec un quasi-doublement du nombre d'autoconsommateurs individuels ces 2 dernières années³. Cela traduit la volonté croissante des Français de se protéger des variations externes du prix de l'électricité en produisant et consommant « local ». Et si finalement, la France elle-même voulait davantage « autoconsommer » sa production renouvelable et décarbonée abondante ? La comparaison avec la logique de l'autoconsommateur individuel peut paraître osée, mais néanmoins intéressante : consommer ce qu'on produit paraît tellement naturel que cela fait du plan d'électrification lancé par le gouvernement une évidence. Une évidence de valoriser cette électricité pour réduire sa facture de chauffage en installant une pompe à chaleur (PAC) ou en achetant un véhicule électrique. Tout comme la France, l'autoconsommateur est un allié de l'électrification. Cela n'empêche pas de considérer le réseau comme indispensable : il ne s'agit surtout pas, à l'échelle individuelle comme à l'échelle de la France, de se déconnecter du réseau, mais simplement de mieux valoriser l'électricité qu'on produit au moment où elle est produite.

Cette vision du plan d'électrification comme un plan d'autoconsommation de la France se décline alors selon 2 dimensions : la dimension temporelle et la dimension territoriale. Au niveau temporel, l'électrification sera efficace à l'échelle individuelle et collective si on déploie des usages flexibles nous permettant de profiter des périodes de prix faibles [RTE, 2026c], par exemple en incitant les employeurs à développer massivement les infrastructures de recharge pour que les véhicules puissent se charger sur ces horaires de la cloche solaire. En 2025, les prix ont été négatifs sur le marché spot plus de 500 heures. Et ce niveau est déjà atteint rien que sur les 6 premiers mois de l'année 2026. C'est le signal économique que

donne le marché pour développer la consommation au bon moment.

Portons également la logique du plan d'électrification à l'échelle territoriale pour en faciliter l'appropriation. Il y a, je crois, un sens commun à donner aux développements des usages électriques et aux productions d'électricité locale. Ce lien au niveau territorial est à même de faciliter l'appropriation, aussi bien des énergies renouvelables (EnR) électriques, que des véhicules électriques (VE) et des PAC, dont on sait qu'ils font également l'objet de beaucoup de critiques et de désinformation. Montrer que c'est la production locale renouvelable ou décarbonée qui permet, aux différentes échelles territoriales, de réduire notre dépendance au pétrole et au gaz importés, sera un levier, là aussi, pour en faciliter l'évidence.

Les vertus d'une électricité bien consommée

Pour arriver à ce constat, il est tout de même important de répondre aux interrogations et aux critiques qui se lèvent sur ces nouveaux usages de l'électricité : dans le bâtiment avec les PAC, dans les transports avec les VE, mais aussi pour les *data centers* ou encore dans l'industrie. L'ADEME a réalisé et est en train de terminer des études rassurantes sur ce sujet : des études pour éclairer les politiques publiques, conformément aux objectifs fixés dans le contrat d'objectifs et de performances validé par nos tutelles.

Fin 2025, l'ADEME a publié un avis sur les PAC, synthétisant plusieurs études et projets de recherche. Cet avis portait un message nouveau : le fait qu'une PAC air/eau a de très bonnes performances (un coefficient de performance, ou COP, de 3), y compris dans des logements mal isolés, à condition d'être bien installée et bien réglée. Une PAC évite 3 MWh d'énergie fossile pour chaque mégawattheure d'électricité (décarbonée) consommée. Le déploiement de pompes à chaleur est donc une solution centrale et rapide pour réussir la décarbonation et la lutte contre les fossiles. Cette étude constitue donc un fondement important du plan d'électrification. Il est toutefois essentiel de bien distinguer le niveau de performance intrinsèque d'une PAC, mesuré par son

COP, de la performance du chauffage du logement, mesurée par la consommation d'énergie. Le niveau du COP dépend essentiellement de la température de l'eau chaude, du dimensionnement, du réglage de la PAC et de la taille des émetteurs de chaleur, et pas directement de la qualité thermique de l'enveloppe du bâtiment. Mais un bon COP ne signifie pas nécessairement une faible consommation. Si l'enveloppe est de mauvaise qualité, les besoins resteront plus importants, et la facture énergétique du ménage restera plus élevée que ce qu'elle pourrait être. L'isolation est donc un outil de massification de l'installation des PAC : plus petites, moins bruyantes, moins chères, elles répondent à une plus grande variété des besoins, ce qui facilite ainsi leur généralisation.

Sur les véhicules électriques, nous sommes en train de terminer une analyse de cycle de vie de leur développement en prenant en compte ses impacts sur le développement du réseau électrique : renforcement, infrastructures de recharge pour véhicules électriques (IRVE)... En prenant en compte une modélisation horaire des approvisionnements en électricité, cette étude fait évoluer la recommandation de l'ADEME sur le type de recharge à privilégier. En 2021, nous conseillions de recharger à basse puissance la nuit. Cette nouvelle étude nous permet de montrer que la recharge sur borne publique de forte puissance en journée est tout aussi pertinente d'un point de vue environnemental, puisqu'elle permet de profiter de l'électricité solaire abondante. Un résultat majeur, qui peut également faciliter l'adoption de batteries de taille modérée, mais rechargeables rapidement sur les longs trajets⁴. Et n'oublions pas que ces dynamiques de production solaire sont sans doute pérennes : quelle que soit l'évolution des soutiens publics en France⁵, les dynamiques des pays voisins sont bien plus fortes et impactent à la baisse les prix de marché de gros via les interconnexions. Il reste à transmettre les bons signaux (notamment via les tarifs) pour que ces dynamiques de recharge «au bon moment» se mettent en place.

Enfin, concernant les *data centers*, l'ADEME a publié début 2026 une étude sur l'évolution de la

consommation d'électricité (2050 et 2060) et des émissions de gaz à effet de serre des *data centers* répondant aux usages français, en empreinte. Cette étude met en évidence qu'en empreinte, les usages français du numérique reposent actuellement à 70 % sur des *data centers* localisés à l'étranger, dans des pays dont le mix électrique est bien plus carboné qu'en France. Dans une logique d'empreinte CO₂, et de souveraineté numérique, il est donc sans regret à court terme de relocaliser des *data centers* en France. Cela n'empêche pas, notamment pour limiter l'artificialisation des sols, de réfléchir à la sobriété des usages numériques. Les scénarios 2050 explorés montrent que la prolongation des tendances pourrait mener à une très forte consommation d'électricité en France (plus de 50 TWh), tout en restant à près de 80 % dépendants de *data centers* à l'étranger.

Sobriété, efficacité et flexibilité sont donc les ingrédients indispensables dans la recette d'une électrification réussie.

Accélérer l'électrification, maintenant

Les trajectoires de décarbonation de la France établies par l'ADEME en 2021 aboutissent toutes à une augmentation importante de la part de l'électricité dans le mix énergétique, de l'ordre d'un doublement par rapport à aujourd'hui, avec des taux supérieurs à 50 % en 2050. À ce jour, le taux d'électrification de la France est de 27 %, ce qui est plus élevé que la moyenne européenne (23 %) mais inférieur à ceux de la Chine et du Japon (supérieurs à 33 %). En France, on constate que la prolongation tendancielle de l'évolution passée de ce taux d'électrification serait insuffisante pour atteindre la neutralité carbone. Il était de 20 % en 1990. Sa prolongation tendancielle aboutirait en 2050 à environ 32 %. Pour atteindre des taux supérieurs à 50 %, il serait nécessaire d'impulser en France la même tendance que celle de la Chine, passée de 6 % en 1990 à 33 % aujourd'hui.

C'est l'objectif du grand plan d'électrification, qui repose d'une part sur différents dispositifs incitatifs pour le bâtiment, la mobilité et l'industrie, mais aussi sur la création d'une dynamique

collective d'engagements volontaires. L'ADEME, en tant qu'opérateur de l'État, est au cœur du dispositif. Elle est impliquée sur 11 des 22 mesures du plan :

- Mesure 1 : 100 territoires d'électrification. L'ADEME mobilise, en articulation avec les préfets, ses dispositifs de droits communs sur les territoires sélectionnés.
- Mesure 4 : une offre «clés en main» de pompes à chaleur, pour baisser les factures de chauffage. L'ADEME opère le dispositif permettant de sélectionner ces offres et assure le suivi des performances des PAC.
- Mesure 9 : nouveau *leasing* social de 50 000 véhicules électriques. L'ADEME coordonne le dispositif CEE (Certificats d'économie d'énergie) en lien avec l'ASP (Agence de services et de paiement).
- Mesures 11 et 12 : renforcer le soutien à l'achat de véhicules utilitaires légers (camionnettes) électriques et de poids lourds électriques. L'ADEME est impliquée dans la vérification du critère «Made in EU».
- Mesure 15 : soutenir l'électrification des artisans (fours, pâtisseries, cabines de peinture), au travers de l'appel à projets DECARB FLASH opéré par l'ADEME dans le cadre de France 2030.
- Mesures 16 et 17 : électrification des engins de chantier et agricoles. Cette action est financée sur programme E-Trans porté par l'ADEME.
- Mesure 21 : décarboner et électrifier les grands sites industriels avec l'annonce de la relance de l'appel d'offres pour les grands projets industriels de décarbonation (AO GPID) opéré par l'ADEME, et d'une nouvelle relève pour l'appel à projets DECARB IND.

Impulser une dynamique à court terme et sécuriser l'électrification dans la durée

Au-delà de la forte impulsion donnée avec le plan d'électrification, il est également important d'en maîtriser les conditions de réalisation. «Maîtrisée» ne signifie pas lente. La dynamique doit être rapide : les objectifs 2030 sont là. Mais la rapidité sans maîtrise construit des fragilités que nous pourrions payer dans dix ans si nous n'y prenons pas garde.

Le premier piège serait de remplacer une dépendance (le pétrole) par une autre : le risque est que la France importe l'essentiel de ses batteries, de ses aimants permanents, de ses pompes à chaleur et de ses panneaux photovoltaïques (très majoritairement de Chine). Il s'agit donc aussi de relocaliser la production de ces équipements. Même s'ils mobilisent des matières à importer pour leur fabrication⁶, les technologies de l'électrification fonctionnent ensuite sans générer de nouvelles dépendances et sans subir les soubresauts des marchés internationaux de l'énergie pour les usages quotidiens. Les politiques incitatives à l'achat des VE en France avantagent les véhicules assemblés en France et en Europe et les batteries et moteurs fabriqués en Europe. France 2030 a permis de soutenir certaines innovations et le crédit d'impôt pour l'industrie verte incite les industriels à investir dans des lignes de fabrication de PAC ou de recyclage des batteries en France, afin que la matière reste sur le territoire. Au niveau européen, le *Critical Raw Materials Act*, entré en vigueur en mai 2024, vise à sécuriser l'approvisionnement européen en matières premières critiques. Il fixe des objectifs ambitieux pour 2030, notamment produire 10 % et raffiner 40 % des matières stratégiques nécessaires dans l'Union européenne, tout en limitant la dépendance à un même fournisseur non européen à 65 %. Au-delà du recyclage, il est également important de veiller à allonger la durée de vie de ces équipements, notamment via des critères de réparabilité. L'économie circulaire représente donc un blindage du plan d'électrification contre ses fragilités potentielles à 5-10 ans.

L'électrification et la numérisation de l'économie présentent également des risques liés à la maîtrise des chaînes logicielles qui conditionnent les usages, une dépendance des données et des logiciels qui est plus insidieuse. Une pompe à chaleur ou une borne de recharge dont le *back-office* serait hébergé hors UE peut être coupée à distance. Un VE dont le logiciel embarqué est propriétaire et non auditable est une boîte noire dans notre infrastructure de mobilité, comme cela a été pointé récemment par le département du commerce américain [U.S. Department of Commerce, 2025]. Le risque lié à la dépendance des onduleurs photovoltaïques à quelques producteurs asiatiques est également considéré comme un risque de cybersécurité important pour le système électrique européen [L'Usine Nouvelle, 2026]. Ces dépendances sont réelles, peu visibles, et corrigibles, si on s'en donne les moyens réglementaires et industriels. Pour renforcer cette souveraineté numérique, le Conseil de l'IA et du numérique propose dans un récent rapport d'organiser en urgence la coopération entre le public, le privé et les communs numériques [Conseil de l'IA et du numérique, 2026]. C'est une orientation de travail inspirante pour le système électrique et tous les équipements qui y sont connectés.

Enfin, l'électrification ne se fera pas sans les hommes et les femmes qui la mettent en œuvre. Si la PPE3 (Programmation pluriannuelle de l'énergie) identifie un besoin global de former 2,8 millions de personnes sur le segment bac -3/ bac +3 dans les 10 ans à venir, ce qui est un enjeu colossal, la déclinaison de ces besoins a jusqu'à présent surtout été réalisée pour la production d'électricité, mais il est difficile à ce jour d'identifier clairement les besoins liés à l'électrification (usines, réseaux, bâtiment, IRVE...), ainsi que ceux liés au recyclage de ces équipements. Un chantier à anticiper!

NOTES

1. Il est calculé sur l'énergie primaire.
2. Sauf en 2022, en raison de l'épisode de corrosion sous contrainte d'une partie du parc nucléaire [RTE, 2026b].
3. Cf. [Observatoire français de la transition écologique], passage de 493 000 à 877 000 autoconsommateurs individuels entre le premier trimestre 2024 et le premier trimestre 2026, soit +78 %.
4. ADEME, publication à venir, octobre 2026.
5. En 2025, 5,9 GW supplémentaires ont été raccordés en France, 16,2 GW supplémentaires en Allemagne.
6. Selon l'AIE, la demande mondiale en métaux devrait quadrupler entre 2020 et 2040 pour atteindre la neutralité carbone en 2050; selon les métaux, la demande pourrait être multipliée par entre 7 et 42 entre 2020 et 2040.

RÉFÉRENCES

ADEME. Quel rôle pour la biomasse non-alimentaire dans la transition bas carbone?, https://comprendre2050.fr/fiche/02-BIO-00_quel-role-pour-la-biomasse-non-alimentaire-dans-la-transition-bas-carbone#quelle-evolution-de-la-quantite-de-biomasse-dediee-a-des-usages-non-alimentaires.

Conseil de l'IA et du numérique, 2026. Souveraineté numérique : de l'urgence d'organiser la coopération entre le public, le privé et les communs numériques, <https://www.conseil-ia-numerique.fr/nos-travaux/souverainete-numerique-de-lurgence-dorganiser-la-cooperation-entre-le-public-le-prive>.

L'Usine Nouvelle, 2026. «Face aux risques de cyberattaques, l'Union européenne arrête de subventionner les projets d'énergies renouvelables utilisant des onduleurs chinois», <https://www.usinenouvelle.com/energie/energies-renouvelables/face-aux-risques-de-cyberattaques-lunion-europeenne-arrete-de-subventionner-les-projets-denergies-renouvelables-utilisant-des-onduleurs-chinois.5UMTFE2D3ZBFVCVVEKLUCQ3ACM.html>

Observatoire français de la transition écologique. Autoconsommation – Produire et consommer localement de l'énergie, <https://observatoire.enedis.fr/autoconsommation>.

RTE, 2026a. Bilan électrique 2025 : les conditions sont réunies pour permettre à la France d'accélérer son électrification et réduire durablement sa dépendance aux énergies fossiles, <https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-2025-conditions-sont-reunies-permettre-france-acceler-electrification>.

RTE, 2026b. Bilan électrique 2025, Échanges, <https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2025/echanges#Vuedensemble>.

RTE, 2026c. Bilan électrique 2025, Prix, <https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2025/prix#Vuedensemble>.

SDES, 2025. Chiffres clés de l'énergie, édition 2025, Consommation finale d'énergie par secteur et par énergie, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie/fr/7-consommation-finale-denergiepar-secteur-et>.

U.S. Department of Commerce, 2025. Commerce Finalizes Rule to Secure Connected Vehicle Supply Chains from Foreign Adversary Threats, <https://www.bis.gov/press-release/commerce-finalizes-rule-secure-connected-vehicle-supply-chains-foreign-adversary-threats>.

BIOGRAPHIE

DAVID MARCHAL est directeur exécutif de l'Expertise et des Programmes à l'ADEME. Il coordonne notamment les problématiques liées à l'énergie. Ingénieur polytechnicien spécialisé dans les télécoms, il débute sa carrière dans les systèmes d'information de l'État. Passionné par les problématiques environnementales, il rejoint l'ADEME en 2009. Tout d'abord en charge d'un observatoire des énergies renouvelables, il évolue ensuite sur des fonctions de management sur les thématiques des énergies renouvelables électriques, de leur impact sur les réseaux électriques, ainsi que de la thématique des *smart grids*, à la convergence entre le domaine des télécoms et celui de l'énergie. Entre 2016 et 2019, il occupe le poste de directeur adjoint Productions et Énergies durables, sa direction pilotant le programme d'actions sur les énergies renouvelables (dont le fonds chaleur) et sur la production de biens et de services durables au sein des entreprises et du monde agricole.