

Programme Résilience V11 — Bilan énergétique par secteur (énergie finale)

Comparaison Aujourd'hui · Tout-BEV 2045 · Résilience hybride 2045 — Estimations d'orientation issues du corpus V11 (mai 2026)

⚠️ AVERTISSEMENT MÉTHODOLOGIQUE — CHIFFRES 2045 : ESTIMATIONS D'ORIENTATION

Les valeurs 2045 sont des ordres de grandeur issus du corpus Programme Résilience V11 (mai 2026). Elles donnent une orientation systémique, non des prévisions certifiées. Le signe « ~ » indique une estimation plausible soumise à réévaluation régulière.

Trois conditions déterminent leur réalisation : (1) orientations politiques — PPE4, réglementations EU (FuelEU, RED III, CRCF), arbitrages budgétaires ; (2) rythme de déploiement industriel — capacités de construction, formation, acceptabilité sociale ; (3) évolutions technologiques et de marché — coûts ENR, maturité filières bio-CH₄, certification ÉREV.

Note méthodologique : ce tableau présente uniquement les énergies finales mobilisées (TWh/an). Les rendements de conversion varient fortement selon les usages — la colonne pertinente pour la comparaison systémique est l'énergie finale mobilisée et sa nature (fossile / électrique / renouvelable).

Secteur	Aujourd'hui (fossile)	Tout-BEV 2045 (référence)	Résilience 2045 — Électricité réseau	Résilience 2045 — Bio- CH ₄ / Bio- GNL	Résilience 2045 — Chaleur fatale	Commentaire
(énergie finale TWh/an)	Énergie finale (TWh/an)	Élec. réseau (TWh/an)	Élec. réseau (TWh/an)	Bio-CH ₄ / Bio-GNL (TWh/an)	Chaleur fatale (TWh/an)	Notes techniques
Logements + tertiaire	500 TWh	250 TWh	~250 TWh	—	~30 TWh	PAC + électricité directe. Chaleur fatale pyrogazéification valorisée en réseau local. Zéro gaz fossile résidentiel.
Industrie	350 TWh	200 TWh	~200 TWh	~10 TWh	~10 TWh	Électrification des procédés. Bio-CH ₄ pour les procédés haute température (> 500°C) non électrifiables. Chaleur fatale pyrogazéification.
Voitures + transports locaux (ÉREV)	300 TWh	150 TWh	~120 TWh	~75 TWh	—	ÉREV : ~80% km en mode électrique + ~20% Bio-GNV. Mécanisme passif : bascule automatique sous seuil de charge. Rdt élec ×0,85 / Bio-GNV Atkinson ×0,41.
Poids lourds longue distance	250 TWh	100 TWh	~30 TWh	~170 TWh	—	ÉREV : ~30% km élec + ~70% Bio-GNV. Densité énergétique critique : le Bio-GNV est indispensable sur longue distance. Rdt élec ×0,85 / Bio-GNV Atkinson ×0,41.
Aviation	150 TWh (kérosène)	150 TWh (kérosène — inchangé)	~25 TWh (court- courrier élec)	~50 TWh (long- courrier Bio- GNL)	—	Court-courrier : électrique. Long-courrier : Bio-GNL (~28% masse carburant, ~100% CO ₂ biogénique). BEV = zéro solution aviation longue distance. Rdt élec ×0,85 / Bio-GNL ×0,30.
Agriculture + autres	50 TWh	40 TWh	~40 TWh	—	~10 TWh	Tracteurs ÉREV + électrification irrigation. Chaleur fatale pyrogazéification. Biomasse agricole intégralement orientée vers la filière biogaz.
TOTAL	1 600 TWh (dont ~900	~740 TWh élec + 150 TWh	~665 TWh	~295 TWh	~50 TWh	Résilience : ~75 TWh réseau vs BEV. ~295 TWh Bio-CH ₄ issus de biomasse nationale.

Secteur	Aujourd'hui (fossile)	Tout-BEV 2045 (référence)	Résilience 2045 — Électricité réseau	Résilience 2045 — Bio- CH ₄ / Bio- GNL	Résilience 2045 — Chaleur fatale	Commentaire
(énergie finale TWh/an)	Énergie finale (TWh/an)	Élec. réseau (TWh/an)	Élec. réseau (TWh/an)	Bio-CH ₄ / Bio-GNL (TWh/an)	Chaleur fatale (TWh/an)	Notes techniques
	TWh fossile)	kérosène				Zéro fossile — le BEV conserve 150 TWh kérosène sans solution aviation.

Bilan comparatif — Vue synthétique trois scénarios

Aujourd'hui (fossile) 1 600 TWh finale dont ~900 TWh fossile (gaz, pétrole, charbon) ~430 TWh électricité Émissions : ~400 Mt CO ₂ /an liées à l'énergie	Tout-BEV 2045 ~890 TWh finale dont ~740 TWh électricité réseau + 150 TWh kérosène (aviation non traitée) 21 EPR2 à construire — au-delà des capacités industrielles françaises d'ici 2045 Émissions résiduelles : ~35 Mt CO ₂ /an (aviation)	Résilience 2045 — Bilan systémique ~1 010 TWh finale (665 élec + 295 bio + 50 therm) Zéro fossile — aviation incluse ~75 TWh réseau → ~37 GW installés → ~7 EPR2 (14 au lieu de 21) 14 EPR2 : conforme aux capacités de construction françaises d'ici 2045 Co-bénéfice : ~20–23 Mt CO ₂ /an séquestrés via biochar certifié EBC.
---	---	--

Conséquence sur la puissance électrique installée : l'argument des EPR2

La réduction de la demande électrique réseau (~75 TWh/an) et l'amélioration du facteur de charge nucléaire via les électrolyseurs Sabatier (85,9 % vs 75,9 %) permettent au scénario Résilience de se passer d'environ 37 GW de puissance installée, dont 7 EPR2 de moins à construire. 14 EPR2 correspond au maximum jugé industriellement faisable pour la France d'ici 2045. Le scénario Tout-BEV, qui en nécessite 21, excède cette capacité — ce n'est pas seulement un écart de coût, c'est un risque de faisabilité.

Indicateur	Scénario Tout-BEV	Scénario Résilience V11	Commentaire
Puissance électrique installée totale 2045	~261 GW	~224 GW	Économie de ~37 GW de puissance installée — moins de centrales, moins d'éoliennes, moins de réseau à construire.
Nucléaire : socle parc existant maintenu	~30 GW	~30 GW	Identique dans les deux scénarios — réacteurs actuels prolongés au-delà de 50 ans sous contrôle ASN.
Nucléaire : unités EPR2 nouvelles	21 EPR2	~14 EPR2	Résilience : ~7 EPR2 soit ~84 Md€ de CAPEX nucléaire. 14 EPR2 = maximum industriellement faisable pour la France d'ici 2045 (cadences, chaîne d'approvisionnement, ressources humaines).
Facteur de charge nucléaire	~75,9 %	~85,9 %	Le scénario Résilience absorbe les surplus ENR via les électrolyseurs Sabatier (production bio-CH ₄). Le nucléaire tourne en baseload pur — sans modulation à la baisse aux heures de fort solaire.
CAPEX réseau électrique (RTE)	30–50 Md€ suppl.	8–15 Md€ suppl.	Économie de 20–35 Md€ sur le renforcement réseau : moins de puissance de pointe à transiter, moins de postes sources à créer.
Énergie électrique annuelle produite	~817 TWh	~737 TWh	~80 TWh de production annuelle → moins de capacité ENR à installer.

Impact sur les énergies renouvelables — Réponse à l'objection écologiste

La Résilience installe 144 GW d'ENR contre 170 GW pour le BEV. Cet écart de -26 GW suscite une objection prévisible : "vous réduisez les renouvelables". Le tableau ci-dessous apporte la réponse systémique. La différence n'est pas idéologique — elle est physique : le bio-CH₄ stocké dans le réseau GRDF (130 TWh, stockage saisonnier) remplace la surcapacité ENR que le BEV est contraint d'installer faute de stockage de longue durée. 144 GW d'ENR bien dimensionnées + 130 TWh de stockage saisonnier = système plus robuste que 170 GW d'ENR sans stockage intersaisonnier.

Filière ENR	Tout-BEV 2045	Résilience V11	Écart	Lecture politique
Solaire photovoltaïque	~105 GW	~90 GW	-15 GW	La Résilience installe 90 GW de solaire — soit 4× le parc actuel (~22 GW fin 2024). Ce n'est pas "moins d'ENR" : c'est un déploiement massif, simplement non surdimensionné. L'écart -15 GW vient du fait que les ÉREV absorbent une partie de la demande en Bio-GNV, réduisant la production électrique requise aux heures de pointe.
Éolien terrestre	~27 GW	~25 GW	-2 GW	Réduction marginale. La Résilience déploie 25 GW d'éolien terrestre — en forte croissance par rapport au parc actuel (~22 GW). L'acceptabilité sociale reste le premier facteur limitant, indépendamment du scénario.
Éolien offshore (posé + flottant)	~38 GW	~29 GW	-9 GW	C'est ici que l'écart est le plus sensible. 29 GW Résilience vs 38 GW BEV. Argument clé : l'offshore est la filière ENR la plus coûteuse (~3 Mde/GW), la plus longue à construire (8-12 ans d'instruction + construction) et la plus dépendante de matériaux importés (aciers spéciaux, câbles HVDC). Réduire de 9 GW, c'est économiser ~27 Mde et 5-7 ans de délai industriel. Le bio-CH ₄ stocké dans le réseau GRDF remplace cette capacité pilotable — avec un stockage saisonnier de 130 TWh impossible à égaler par des batteries.
ENR totales (solaire + éolien)	~170 GW	~144 GW	-26 GW	La Résilience déploie 144 GW d'ENR — un programme considérable. Les -26 GW ne sont pas "contre les ENR". Ils traduisent une complémentarité : là où le BEV doit surdimensionner les ENR pour compenser l'absence de stockage saisonnier, la Résilience s'appuie sur 130 TWh de bio-CH ₄ stockés dans le réseau existant. Formulé autrement : le bio-CH ₄ permet de construire moins d'ENR tout en garantissant plus de sécurité d'approvisionnement en hiver et lors des Dunkelflaute.
Stockage saisonnier électrique	Batteries réseau + STEP (4-8h max)	Bio-CH ₄ GRDF (~130 TWh — semaines à mois)	×87 capacité	C'est l'argument décisif face aux écologistes pro-ENR : aucune batterie n'assure le stockage intersaisonnier à ce coût. 130 TWh de bio-CH ₄ stocké dans le réseau GRDF existant (zéro CAPEX réseau) vs quelques TWh de batteries réseau à plusieurs centaines de Mde. Les ENR intermittentes ont besoin d'un stockage de longue durée. Le bio-CH ₄ est ce stockage — et il le fait avec zéro émission nette grâce au biochar coinjecté.
Message clé face aux questions écologistes : la Résilience n'est pas contre les ENR — elle les dimensionne différemment. 144 GW d'ENR installées + 130 TWh de bio-CH ₄ stockés + biochar séquestrant 20-23 Mt CO ₂ /an, c'est un système plus robuste, plus souverain et plus décarboné que 170 GW d'ENR				

Filière ENR	Tout-BEV 2045	Résilience V11	Écart	Lecture politique
sans stockage saisonnier laissant l'aviation avec 150 TWh de kérosène.				

Sources : Programme Résilience V11 — Document consolidé (mai 2026) • Note de Cadrage Système Énergétique V11 • Note Technique Aviation Bio-GNL V11.

Base de référence actuelle : le V11 utilise une base système 1 600 TWh (périmètre élargi). Le SDES Chiffres clés de l'énergie 2025 mesure ~1 550 TWh — l'écart reflète une différence de périmètre, non une erreur.

ENR actuels (fin 2024) : solaire ~22 GW, éolien terrestre ~22 GW, offshore ~1,5 GW. Les deux scénarios représentent une croissance massive des ENR par rapport à aujourd'hui.

Transport maritime : non documenté dans le corpus V11 disponible — non inclus dans ce tableau.

Document de travail — Programme Résilience V11 — Juillet 2026