

Puissance réseau · Carbone-négatif · Mobilité complète

Note argumentaire · Août 2026 · Trois axes que les scénarios officiels ne traitent pas

Ce que cette note apporte au débat sur la transition énergétique

Cette note élargit l'argumentaire de Résilience V11 sur trois axes complémentaires que les scénarios officiels de transition énergétique n'ont pas encore couverts de façon intégrée : l'argument de puissance réseau (pourquoi le bio-CH₄ est irremplaçable pour la stabilité du système électrique), l'argument carbone-négatif national chiffré (la France peut atteindre -60 à -80 MtCO₂/an à ~2045), et la couverture complète de tous les segments de mobilité décarbonée.

Synthèse — trois arguments, une architecture

Puissance réseau : l'ÉREV efface ~40 GW passivement — sans V2G, sans infrastructure. Les scénarios PPE3 modélisent la demande en TWh, pas la puissance de pointe du parc automobile.

Carbone-négatif : le biochar co-produit → -60 à -80 MtCO₂/an à ~2045 → France carbone-négative. Aucun scénario officiel ne projette un bilan négatif — tous visent la neutralité.

Mobilité complète : bio-GNV (légère), bio-GNL (lourd/maritime/aviation) — bilan négatif sur toute la chaîne. Le SAF à 46 % est équivalent gaz fossile en CO₂ sans séquestration associée.

1. L'argument de puissance réseau

1.1 Le problème que les TWh ne voient pas

Les scénarios officiels de transition énergétique raisonnent en TWh annuels consommés. Ce cadre est nécessaire mais insuffisant. Le fonctionnement réel d'un réseau électrique dépend des puissances instantanées appelées — les GW disponibles à chaque heure.

Si 20 à 33 millions de véhicules électriques se branchent simultanément en soirée, la puissance appelée supplémentaire peut dépasser 30 à 50 GW. La France dispose aujourd'hui d'une puissance nucléaire installée d'environ 61 GW et d'une consommation de pointe hivernale de l'ordre de 80 à 85 GW.

Un dimensionnement non traité dans la PPE3

Un parc BEV de 33 millions de véhicules représente potentiellement l'équivalent de **la moitié du parc nucléaire français en puissance de recharge simultanée** — un dimensionnement que ni les réseaux, ni les capacités de production actuelles ne peuvent absorber sans investissements massifs.

1.2 Le mécanisme ÉREV : effacement passif de 40 GW

Le véhicule électrique à prolongateur d'autonomie (ÉREV) bio-GNV résout ce problème par un mécanisme physique simple, **sans infrastructure de pilotage active**. La batterie se recharge prioritairement la nuit, hors des pointes. Lorsque le réseau est sous tension, le véhicule roule sur sa batterie sans demande de recharge — non pas parce qu'on le lui commande (V2G actif), mais parce que sa charge est suffisante.

Mécanisme passif — aucune infrastructure de pilotage requise

Un parc de 33 millions d'ÉREV peut effacer **~40 GW de demande lors des pointes**. Ce n'est pas de l'électricité injectée dans le réseau (V2G). C'est de la demande qui n'existe pas. Aucun investissement réseau, aucun protocole de communication, aucune modification de l'infrastructure existante. L'architecture du véhicule fait le travail.

40 GW effacés = l'équivalent de 6 à 7 EPR2 de capacité qui n'ont pas à être construits pour couvrir la pointe du parc automobile électrifié.

1.3 La redondance systémique — argument de souveraineté

La France dispose aujourd'hui d'une redondance accidentelle entre deux réseaux indépendants : le réseau électrique et le réseau de gaz (200 000 km, 11 stockages souterrains, capacité de 130 TWh). Le scénario tout-électrique de la PPE3 supprime cette redondance sans la remplacer. En cas de grand froid prolongé, de cyberattaque sur le réseau électrique, ou de déficit de production renouvelable sur plusieurs semaines, il n'existe plus de système de secours indépendant.

Résilience 2045 reconstruit cette redondance sur une base renouvelable et décarbonée. Le réseau de gaz amorti, converti au bio-CH₄, devient le système de secours permanent d'un système électrique à haute proportion d'énergies variables. **Ce n'est pas un argument de filière — c'est un argument de sécurité nationale.**

2. L'argument carbone-négatif national chiffré

2.1 Pourquoi arrêter les fossiles ne suffit pas

Le CO₂ atmosphérique actuel (~429 ppm en 2026) résulte de 180 ans d'émissions cumulées. La durée de résidence du CO₂ dans l'atmosphère est de 300 à 1 000 ans selon les mécanismes d'absorption. Une trajectoire qui atteindrait zéro émission nette en 2050 ne ferait que **stabiliser** le CO₂ à son niveau de 2050 — elle ne le réduirait pas.

L'été 2026 illustre concrètement ce que signifie un stock atmosphérique trop élevé : 110 000 ha brûlés en France au 10 août — record absolu EFFIS depuis le début des observations satellitaires — avant même la fin de la saison des feux. Ces forêts, qui étaient des puits de carbone, sont devenues en quelques semaines des sources nettes de CO₂.

2.2 Le biochar comme puits structurel — les chiffres

Le ratio de séquestration certifié EBC/Puro.earth est de **2,5 à 3,1 t CO₂eq par tonne de biochar**, pour un biochar satisfaisant le critère H/Corg ≤ 0,4 produit à ≥ 700°C — garantissant une stabilité millénaire.

Paramètre	Scénario Résilience 2045	Scénario Tout-BEV PPE3
Bio-CH4 produit (TWh/an)	~262 TWh	~70 TWh (méthanisation seule)
Biochar co-produit (Mt/an)	~7,5 à 9 Mt	Non prévu

Séquestration biochar (MtCO ₂ eq/an)	~19 à 28 Mt CO ₂	0
Bilan carbone France ~2045	–60 à –80 MtCO ₂ /an	≈ 0 (neutralité)
EPR2 nécessaires	~14	~21 (estimation)
CAPEX transition estimé	~540–690 Md€	~794–1 096 Md€

2.3 La France carbone-négative — un objectif que personne ne porte

La distinction n'est pas sémantique

Aucun scénario officiel français — ni la PPE3, ni la SNBC3, ni les scénarios Négawatt ou ADEME — ne projette la France en territoire carbone-négatif à l'horizon 2045. Tous visent la neutralité carbone (zéro émission nette). Résilience 2045 est le seul cadre qui produit un bilan national net négatif, grâce au biochar comme puits structurel co-produit de la chaîne énergétique.

Atteindre la neutralité carbone stabilise le CO₂ atmosphérique à son niveau de 2045. Être carbone-négatif commence à le réduire. C'est la différence entre arrêter de remplir une baignoire et commencer à la vider.

3. La mobilité : décarbonation complète là où les autres technologies échouent

3.1 Le problème structurel des mobilités non électrifiables

L'électrification résout correctement la mobilité légère urbaine et périurbaine. Elle se heurte à des limites physiques et économiques dès qu'on s'éloigne de ce périmètre. Le transport lourd longue distance, le transport maritime et l'aviation de moyenne et longue distance partagent trois contraintes communes que l'électricité ne peut pas résoudre dans des délais industriellement réalistes :

- **Densité énergétique massique** — les batteries actuelles pèsent 5 à 8 fois plus que le carburant liquide pour la même énergie
- **Infrastructures de recharge** à la puissance nécessaire pour les poids lourds et les navires
- **Temps de recharge** incompatibles avec les rotations commerciales

Ce que les technologies alternatives ne résolvent pas pour ces segments :

Technologie	Limite structurelle
Hydrogène	Rendement chaîne électrolyse → compression → pile = 25–35%. Dépendance à une infrastructure cryogénique inexistante à l'échelle.
SAF (Sustainable Aviation Fuel)	À 46% de mélange (objectif 2050), le bilan CO ₂ est équivalent à du gaz naturel fossile — sans séquestration, sans carbone-négatif.
Avion électrique	Limité à moins de 19 places et 500 km avec les chimies batteries actuelles.
Ammoniac maritime	Toxique, rendement médiocre, aucune infrastructure commerciale avant 2040.

3.2 L'ÉREV bio-GNV pour la mobilité légère

Le véhicule léger ÉREV bio-GNV couvre l'essentiel des kilomètres parcourus sur batterie (trajets quotidiens ≤ 60-100 km) et bascule automatiquement sur le prolongateur Rex bio-GNV pour les longs trajets. La batterie est dimensionnée pour l'usage réel, pas pour le pire cas annuel — ce qui réduit de 60

à 70% la quantité de métaux critiques (lithium, cobalt, nickel) par rapport à un BEV équivalent.

Le bio-GNV utilisé dans le Rex est du bio-CH₄ comprimé à 250 bar, produit localement par la chaîne Résilience. Son bilan carbone à la roue est négatif : les émissions de combustion (biogéniques, cycle court) sont inférieures à la séquestration assurée par le biochar co-produit lors de la pyrogazéification.

3.3 Le bio-GNL pour le transport lourd et maritime

Le bio-CH₄ produit par la chaîne Résilience peut être liquéfié en bio-GNL (rendement 85–90% pour des unités décentralisées). Le bio-GNL présente une densité énergétique volumique de 22 MJ/L — soit 60% de celle du diesel, et trois fois celle de l'hydrogène liquide.

Pour le transport maritime, le GNL est déjà le carburant de transition le plus déployé — plusieurs centaines de navires en exploitation, infrastructures de soutage dans les grands ports européens. **Le passage du GNL fossile au bio-GNL ne modifie aucune infrastructure embarquée ni portuaire — seule la molécule change, pas le système.**

3.4 L'aviation — l'argument qui élimine le SAF comme solution climatique

À 46% de mélange — l'objectif européen le plus ambitieux à l'horizon 2050 — le bilan CO₂ à la combustion d'un mélange SAF/kérosène est équivalent à celui du gaz naturel fossile. Le SAF à 46% ne décarbone pas l'aviation — il la rend aussi émettrice que si elle brûlait du gaz fossile. Sans puits de carbone associé, c'est un argument de transition, pas une solution climatique.

Bilan carbone de l'aviation avec bio-GNL Résilience

- ① **Carbone biogénique** : le CO₂ émis à la combustion était dans l'atmosphère il y a quelques années — pas dans le sous-sol depuis 300 millions d'ans. Cycle court, non cumulatif.
- ② **Biochar co-produit** : pour chaque tonne de bio-CH₄ produite, la pyrolyse séquestre 2,5 à 3,1 t CO₂eq sous forme de carbone stable millénaire (EBC/Puro.earth).
- ③ **Bilan net** : les émissions de combustion (biogéniques) sont inférieures à la séquestration biochar. Le vol devient carbone-négatif sur l'ensemble de la chaîne. Aucune autre filière de carburant d'aviation ne semble pouvoir produire ce résultat.

3.5 Une chaîne unique couvrant toutes les mobilités

Segment	Vecteur	Bilan carbone	Alternative existante
Mobilité légère	Bio-GNV (ÉREV)	Négatif (biochar)	BEV : neutre à légèrement négatif selon mix électrique
Transport lourd route	Bio-GNL	Négatif (biochar)	BEV lourd : limité en autonomie ; H2 : rendement 25–35%
Maritime	Bio-GNL	Négatif (biochar)	Ammoniac : toxique, infra inexistante ; méthanol : bilan incertain
Aviation	Bio-GNL / kérosène synthèse	Négatif (biochar)	SAF 46% : équivalent gaz fossile en CO2 — pas carbone-négatif

4. Une demande d'évaluation indépendante — pas de soutien politique

Résilience 2045 n'est pas une demande de soutien politique à une filière industrielle. C'est une proposition d'architecture systémique nationale — une façon d'articuler des filières existantes (méthanisation, pyrogazéification, mobilité GNV, réseaux gaziers) dans une cohérence chiffrée que ces filières ne produisent pas séparément.

Question centrale à poser aux organismes compétents

Existe-t-il, dans les travaux ADEME, RTE, CRE, ou académiques, une étude qui ait modélisé conjointement les effets sur la **puissance réseau**, le **bilan carbone net**, et le **CAPEX total** d'un scénario combinant bio-CH₄, biochar et ÉREV ?

Si cette étude n'existe pas — et à notre connaissance elle n'existe pas — il y a lieu de recommander qu'elle soit commandée.

La proposition opérationnelle immédiate

Deux pilotes industriels — sans attendre une révision réglementaire complète

L'étape opérationnelle immédiate consiste à lancer une étude de faisabilité gouvernementale sur **deux sites pilotes à l'échelle industrielle (100 à 200 t/j de biomasse)**, associant notamment TotalEnergies et Technip Energies — les deux acteurs français disposant des compétences Sabatier et catalyse héritées du vapocraquage et du reformage.

Ces deux pilotes permettraient de valider les rendements de la chaîne complète, de qualifier les fournisseurs, et de produire les données nécessaires à une révision de la réglementation CPB sur une base expérimentale plutôt que théorique.