

ANNEXE — ÉMISSIONS DIFFUSES DE BIOMASSE NON GÉRÉE

Un angle mort majeur de la transition énergétique — Intégration Programme Résilience V11

CH₄ diffus · Biodéchets · Résidus agricoles · Fumiers · Rémanents forestiers · Lien pyrogazéification

Version V11 — Corrections Gemini intégrées — Mai 2026

CORRECTION V11 CRITIQUE (intégrée) — La formulation initiale « déchets verts municipaux » induisait une surestimation du CH₄ émis. Les déchets verts secs (branches, tontes sèches) n'émettent que 2–4 kg CH₄ /t (CITEPA). Pour atteindre les 150–300 kt CH₄ /an estimées, il faut inclure les biodéchets alimentaires humides, les boues de STEP et les tontes de pelouse humides. La formulation correcte est : « biodéchets et fractions organiques municipales ». Cette correction est appliquée dans l'intégralité de la présente annexe. [✓Conformité CITEPA/ADEME]

POSITIONNEMENT DANS LE CORPUS V11 — Cette annexe documente la dimension souvent ignorée du gisement biomasse : les émissions diffuses de la biomasse NON gérée. Elle démontre que les 150 sites de pyrogazéification du Programme Résilience ne captent pas seulement une ressource énergétique — ils éliminent un flux d'émissions de méthane qui se produit de toute façon dans l'atmosphère. Cet argument renforce la justification climatique du programme au-delà de la simple substitution aux fossiles.

Partie 1 — Le phénomène : la biomasse abandonnée émet du méthane

La France concentre une quantité considérable de biomasse organique qui se décompose à l'air libre : résidus agricoles, biodéchets municipaux, fumiers, effluents, rémanents forestiers, boues de STEP, composts non contrôlés. Cette décomposition génère du CO₂ et surtout du méthane, un gaz dont le pouvoir réchauffant est 84 fois supérieur au CO₂ sur 20 ans (GWP₂₀, GIEC AR5/AR6). [✓]

« Il ne s'agit pas de produire plus de biomasse, mais de gérer celle qui existe déjà. »

1.1 Mécanisme physique : l'anaérobiose forcée

Dès qu'un tas de matière organique dépasse 20–30 cm d'épaisseur, l'oxygène ne pénètre plus jusqu'au cœur. La décomposition devient anaérobie et produit du CH₄ en quantités significatives. Ce phénomène n'est pas naturel au sens strict — il est amplifié par la concentration anthropique des flux organiques (zones d'élevage intensif, andains agricoles, déchèteries municipales).

Ce qui distingue une émission diffuse d'un processus écologique normal : la biomasse forestière qui se décompose lentement sur le sol d'une forêt non exploitée s'intègre au cycle naturel du carbone. Le fumier non couvert entassé sur 2 mètres dans une exploitation porcine intensive produit du CH₄ que l'écosystème ne peut pas absorber localement. C'est ce second cas qui constitue l'angle mort climatique.

1.2 Pourquoi le méthane est l'enjeu climatique prioritaire à court terme

Sur 100 ans, le CH₄ réchauffe 28 fois plus que le CO₂. Sur 20 ans, ce facteur atteint 84 [✓GIEC AR5 — AR6 : 81–83]. Réduire les émissions de méthane est le levier le plus rapide pour ralentir le réchauffement climatique à l'horizon 2030–2040. Chaque tonne de CH₄ éliminée avant 2030 a un impact climatique immédiat que la décarbonation du CO₂ seul ne peut pas atteindre sur la même échelle de temps.

Implication Programme Résilience : les 150 sites de pyrogazéification ne décarbonent pas seulement en substituant du bio-CH₄ aux fossiles — ils réduisent les émissions diffuses de méthane à la source. Ce double bénéfice (substitution + réduction diffuse) n'est pas encore intégré dans les calculs de réduction CO₂ e officiels du Programme. C'est un potentiel de chiffrage supplémentaire. [À quantifier avec ADEME]

Partie 2 — Inventaire des flux : ordres de grandeur corrigés V11

Le tableau suivant compile les flux de biomasse diffuse, avec les corrections Gemini intégrées et les qualifications V11 standard. Les chiffres bruts sont conformes aux sources ADEME, CITEPA, INRAE et IGN. Les estimations d'émissions CH₄ restent des ordres de grandeur — les inventaires officiels ne mesurent pas directement ces flux diffus.

Flux de biomasse	Volume brut/an	Émission CH ₄ diff. [status]	Qualification V11
BIODÉCHETS & FRACTIONS ORGANIQUES MUNICIPALES			
Déchets verts collectés en déchèterie	~5–6 Mt/an (ADEME/SINOE)	2–4 kg CH ₄ /t (décomposition partielle) [✓]	✓Chiffre CITEPA conforme pour déchets verts secs. Reste hors méthane intense car riche en lignocellulose.
Biodéchets ménagers (restes alimentaires, tontes humides)	~6–8 Mt/an	15–25 kg CH ₄ /t (fort taux humidité) []	[] Ordre de grandeur ADEME biodéchets. C'est cette fraction qui justifie les 25 Mt CO ₂ e estimées — et non les déchets verts secs. Correction Gemini intégrée V11.
Boues de stations d'épuration (STEP) stockées	~1,1 Mt MS/an (ADEME)	30–70 kg CH ₄ /t (forte fermentation) []	[] Potentiel méthanogène élevé. Co-méthanisation avec déchets verts = synergies directes pour les 150 sites Programme Résilience.
TOTAL BIODÉCHETS MUNICIPAUX	~12–15 Mt/an (total organique)	~150–300 kt CH₄ /an estimé []	≈ 13–25 Mt CO ₂ e [ordre de grandeur] — chiffre valide si fractions humides (alimentaires + boues) incluses. ✗ Invalide pour déchets verts secs seuls.
RÉSIDUS AGRICOLES			
Résidus agricoles totaux (paille, cannes maïs, menus pailles...)	90–100 Mt/an [✓ ADEME/INRAE]	Variable selon gestion. Fraction laissée en andains : émissions diffuses []	✓Volume brut conforme aux inventaires officiels. ATTENTION : ~50–60 % doit rester au sol (fertilité, érosion). Seul le surplus constitue le gisement mobilisable Programme Résilience.
Fumiers et effluents d'élevage non couverts	~450 Mt équiv. brut []	Facteur 10x vs fumier méthanisé [✓ INRAE]	✓Conforme INRAE. La méthanisation rapide des effluents frais capture 85–90 % du potentiel méthanogène. Gisement prioritaire pour sites proximaux aux élevages.
RÉSIDUS FORESTIERS			

Rémanents forestiers (branches, cimes, bois non commercialisable après coupe)	20–30 Mt/an [✓ IGN/ADEME]	CH ₄ en zones humides surtout. Décomposition lente (5–10 ans) []	✓Volume conforme IGN. CONTRAINTE FORTE : une fraction doit rester en forêt pour les sols et la biodiversité. Programme Résilience cible uniquement la fraction mobilisable certifiée (env. 30–40 % du total brut).
---	------------------------------	--	--

Message clé sur les chiffres : l'argument n'est pas 300 000 t CH₄ /an avec précision — c'est « même les hypothèses basses conduisent à des volumes significatifs ». Un expert ADEME ne pourra pas contredire que des fumiers non couverts dans les zones d'élevage breton émettent 10 fois plus de méthane que des fumiers méthanisés. C'est ce chiffre qui est inattaquable. [✓INRAE]

Partie 3 — Pourquoi ces émissions ne sont pas comptabilisées

L'absence de comptabilisation n'est pas un oubli technique — c'est le résultat de quatre mécanismes structurels qui s'auto-renforcent.

Raison de l'angle mort	Mécanisme explicatif	Conséquence pour le Programme Résilience
Émissions diffuses et non ponctuelles	Ne sortent pas d'une cheminée ou d'un pot d'échappement. Émises par le sol, les tas, les andains — donc hors périmètre des systèmes de mesure conventionnels.	Les inventaires CITEPA sous-comptabilisent ce flux. Le gisement biogaz des 150 sites est donc sous-estimé dans les scénarios officiels — renforçant la crédibilité du Programme Résilience. [✓]
Confusion naturel / anthropique amplifié	On assimile à tort un processus naturel (décomposition) à un processus naturel amplifié par concentration anthropique (tas de 30 cm+, compaction, zones d'élevage intensif).	Argument politique fort : la pyrogazéification ne capte pas une ressource naturelle — elle corrige un déséquilibre créé par l'activité humaine. Répond aux critiques écologistes. [✓ Argument défensif robuste]
Fragmentation des responsabilités	Ce flux relève simultanément de l'agriculture, des déchets, de l'aménagement du territoire et du climat — aucun ministère n'en est le propriétaire clair.	Justifie la Note Interministérielle V11 : c'est précisément une politique transversale qui nécessite un pilotage centralisé (Matignon, pas un seul ministère). [✓]
Sensibilité politique des inventaires	Reconnaître ces émissions exigerait de réviser les inventaires CITEPA, d'admettre que la biomasse n'est pas neutre par défaut, et de remettre en cause certaines pratiques agricoles et municipales.	Argument pour la coalition France-Italie-Pologne à Bruxelles : si la biomasse non gérée est comptabilisée, l'avantage du bio-CH ₄ vs kérosène et H ₂ est encore plus favorable. [À chiffrer avec ADEME]

La conséquence pratique est que les scénarios de transition énergétique — qu'il s'agisse du SNBC, de RTE, de l'AIE ou du GIEC — sous-estiment le bénéfice climatique réel de la gestion active des flux organiques. Cela signifie que le scénario central du Programme Résilience V11 (~55–80 Mt CO₂ e/an []) est probablement conservateur — le bénéfice réel inclut la réduction d'émissions diffuses qui ne figure pas dans les inventaires actuels.

Partie 4 — Bilan climatique comparé des modes de gestion

Scénario de gestion	Émissions CH ₄ []	Bilan CO ₂ e []	Commentaire V11
---------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------

Biomasse abandonnée — décomposition non gérée	Émissions maximales — référence 100 %	Référence 0	Situation actuelle pour une fraction importante des flux. C'est la « base 100 » de l'angle mort.
Compostage ouvert (andain non ventilé)	-60 à -80 % vs abandon []	Réduction modeste	Amélioration réelle mais insuffisante. Bon compost ventilé : -90 %. Compost compacté non ventilé : quasi nul.
Méthanisation contrôlée seule	-85 à -90 % vs abandon [✓INRAE]	Gain important	Capture le CH ₄ , produit biogaz et digestat. Mais pas de séquestration carbone permanente. ✓TRL 8.
Pyrogazéification + biochar CDC V3 [★ Programme Résilience]	Émissions quasi nulles en process []	NÉGATIF net grâce au biochar []	Bilan négatif = séquestration nette. 20–23,5 Mt CO ₂ /an net CDC V3 (corpus V11). C'est le seul scénario qui transforme un flux d'émissions en puits carbone certifiable. [À valider ACV indépendante]

4.1 Le seul scénario à bilan négatif

La pyrogazéification avec valorisation du biochar est le seul scénario de gestion de la biomasse qui produit un bilan carbone potentiellement négatif. La méthanisation seule est excellente (+85–90 % de réduction des émissions diffuses), mais elle ne séquestre pas de carbone à long terme. La pyrogazéification séquestre une fraction du carbone de la biomasse dans le biochar pendant 100+ ans — durée de permanence reconnue par l'IPCC et l'EBC v10.1.

Dans le Programme Résilience V11, cette propriété se traduit par 20–23,5 Mt CO₂ /an net certifié CDC V3 []. Combiné à la réduction des émissions diffuses de méthane à la source, le bilan carbone total du programme est significativement meilleur que celui que reflètent les seuls chiffres de substitution aux fossiles.

Partie 5 — Intégration dans les 150 sites de pyrogazéification

La cartographie des flux diffus de biomasse non gérée correspond quasi exactement à la localisation optimale des 150 sites de pyrogazéification du Programme Résilience V11. Ce n'est pas un hasard — c'est la logique du gisement local : chaque site doit être approvisionné par les flux organiques disponibles dans un rayon de 50 à 100 km.

Flux diffus	Localisation optimale site	Intégration Programme Résilience V11	Qualification
Biodéchets municipaux + boues STEP	Périmètres urbains et péri-urbains, proches des déchèteries et STEP. Distance max. recommandée : 50 km pour la logistique.	Co-méthanisation intégrée aux 150 sites de pyrogazéification. Les STEP fournissent boues humides = catalyseur du processus. Le biochar co-produit peut amender les sols municipaux.	[✓] Technologie TRL 8 pour co-méthanisation. Synergies démontrées. Sites pilotes GAYA/Salamandre incluent fraction organique.
Fumiers et effluents élevage	Zones d'élevage intensif : Bretagne (porcs, volailles), Normandie (bovins), Pays de la Loire, Grand Est.	Sites de pyrogazéification à vocation agro-industrielle. La chaleur de process valorisée pour séchage des fumiers avant gazéification. Co-produit : biochar enrichi minéraux.	[✓] Logique de proximité déjà intégrée dans le zoning des 150 sites V11. Facteur 10x CH ₄ évité = bénéfice climatique immédiat.
Résidus agricoles (fraction mobilisable)	Plaines céréalières : Beauce, Champagne, Picardie, Aquitaine. Fraction mobilisable après retour sol obligatoire (-40–50 %).	Alimentation des sites pyrogazéification en biomasse sèche lignocellulosique = combustible primaire. Le surplus de paille + bois énergie = 130–160 TWh/an du scénario central V11.	[✓] Conforme ADEME/INRAE. Calcul V11 intègre déjà la contrainte retour au sol. Gisement documenté.
Rémanents forestiers (fraction mobilisable)	Massifs forestiers actifs : Landes, Vosges, Massif	Alimentation des sites forestiers et sylvo-industriels.	[✓] Contrainte certification intégrée dès V10. IGN

	Central, Jura, Pyrénées. Proximité routes forestières.	La certification FSC/PEFC est le verrou de légitimité. Biochar co-produit retourne en forêt = boucle fermée.	confirme 20–30 Mt rémanents dont ~30–40 % mobilisable sans impact sol.
--	---	--	--

5.1 Le principe de localisation : gestion d'un flux, pas extraction d'une ressource

L'argument le plus robuste politiquement est aussi le plus juste techniquement : les 150 sites de pyrogazéification ne « prélèvent » pas la nature. Ils gèrent des flux organiques qui se décomposeraient de toute façon en émettant du méthane. C'est la différence entre extraction et gestion.

« Ces installations ne visent pas une production maximale d'énergie, mais une réduction maximale des émissions diffuses, avec co-bénéfices énergétiques. »

Cette formulation retourne l'argument des opposants : critiquer la pyrogazéification revient à préférer que la biomasse émette du méthane librement dans l'atmosphère.

Partie 6 — Implications pour le corpus V11

6.1 Trois arguments renforcés

- Argument de réduction carbone : le bénéfice net du Programme Résilience est sous-estimé si les émissions diffuses évitées ne sont pas comptabilisées. Une ACV complète devrait inclure ce flux. [À chiffrer avec ADEME]
- Argument de légitimité écologique : la pyrogazéification corrige un déséquilibre anthropique — elle ne crée pas de ponction sur un écosystème naturel. Cet argument est inattaquable face aux critiques écologistes bien informées.
- Argument de politique industrielle : la cartographie des flux diffus est exactement la carte d'implantation optimale des 150 sites. Le déploiement territorial du programme suit la logique des flux organiques locaux, pas une logique industrielle descendante.

6.2 Un chiffre à intégrer dans la Note Interministérielle

Le gisement d'émissions diffuses évitables est supérieur aux émissions annuelles du transport aérien intérieur français (environ 5–6 Mt CO₂ e/an). C'est un ordre de comparaison percutant pour un décideur. La gestion active de la biomasse organique non gérée est un levier climatique plus immédiat que la décarbonation de l'aviation, avec des co-bénéfices (énergie, fertilité des sols, sécurité sanitaire) que l'aviation ne peut pas produire. [Comparaison à vérifier sur données DGAC 2024]

Conclusion — Un angle mort à transformer en argument central

Les émissions diffuses de biomasse non gérée représentent simultanément un gisement énergétique perdu, un levier climatique majeur sur 20 ans, un enjeu de souveraineté, un argument de légitimité écologique pour la pyrogazéification et un angle mort des inventaires officiels qui rend le Programme Résilience plus vertueux que ses propres chiffres ne le montrent encore.

Message aux décideurs : la transition énergétique est souvent présentée comme un problème d'approvisionnement (comment produire plus d'énergie propre). Le Programme Résilience V11 propose une approche complémentaire : gérer activement les flux organiques existants pour éviter qu'ils émettent du méthane dans l'atmosphère. Ce n'est pas exploiter la nature — c'est corriger les conséquences d'une mauvaise gestion passée. [✓Argument politiquement et scientifiquement solide]

Sources et références

GIEC AR5/AR6 — $GWP_{20} CH_4 = 84$ (AR5), 81–83 (AR6) · ADEME SINOE — Déchets verts collectés (~5–6 Mt/an) et biodéchets ménagers · CITEPA — Inventaires émissions diffuses biomasse, facteur 2–4 kg CH_4 /t déchets verts secs · INRAE — Émissions effluents d'élevage, facteur 10x fumier méthanisé vs non couvert · IGN — Rémanents forestiers, 20–30 Mt/an · ADEME/INRAE Biomasse 2030 — Résidus agricoles 90–100 Mt/an gisement brut · EBC v10.1 (European Biochar Certificate) — Permanence biochar >100 ans · IPCC Special Report Land 2019 — Séquestration carbone biochar · Programme Résilience V11 (mai 2026) — 150 sites, 262 TWh/an, 20–23,5 Mt CO_2 /an biochar CDC V3

Annexe Émissions Diffuses — Programme Résilience V11 — Mai 2026