

PROGRAMME RÉSILIENCE 2045

POSITIONNEMENT TERRITORIAL

des 150 sites de pyrogazéification

Analyse multi-critères — Biomasse · Réseau GRDF · Risques · Zones spéciales incendie

Version 1.0 — Juin 2026

Sources : IGN IFN 2024 · ADEME Chiffres Clés Biomasse 2025 · Chambres d'agriculture de Normandie · DFCI · DRAAF régionales

1. Introduction — La question posée

Le Programme Résilience V11 prévoit le déploiement de **150 sites de pyrogazéification de 1 000 t/j** sur le territoire français métropolitain à horizon 2040. Chacun requiert 330 000 t/an de biomasse sèche mobilisable dans un rayon de 35 à 50 km — condition sine qua non de la viabilité économique avant même que la question technologique ne se pose.

Ce document répond à une question pratique et stratégique : **où positionner ces 150 sites ?** En croisant quatre critères objectifs (gisement biomasse mobilisable, accès réseau GRDF, taux de boisement, tensions d'usage existantes), il identifie quatre types de territoires aux profils distincts — dont une catégorie paradoxale et rarement discutée : les **zones à fort risque incendie**, où la pyrogazéification n'est pas une contrainte à éviter mais un **outil de résilience forestière** à mobiliser en priorité.

Critère de sélection	Zone A (Priorité 1)	Zone B (Priorité 2)	Zone C (Spéciale incendie)	Zone D (Exclue)
Gisement biomasse mobilisable net (t/an dans r = 40 km)	≥ 400 000	250 000–400 000	≥ 200 000 (biomasse combustible)	< 200 000
Réseau GRDF injectant	Réseau dense ≤ 15 km	Réseau modéré 15–30 km	Réseau faible — compression locale	Absent ou très loin
Taux boisement / bocage	≥ 30 % ou bocage dense	20–30 % boisement	Forêt méditerranéenne dense mais combustible	< 15 % — plaines agricoles pures
Tension usage bois-énergie existant	Faible à modérée	Modérée — à vérifier	Quasi nulle — forêt non gérée	N/A — gisement insuffisant
Mission spécifique du site	Production optimale biométhane + biochar	Production + structuration filière locale	Production + DFCI préventive (double mission)	Hors périmètre
NOMBRE DE SITES ESTIMÉ	~110	~30	~10	0

Tableau 1 — Matrice des critères de sélection par type de zone. Les nombres de sites sont des estimations indicatives à affiner par étude SIG détaillée.

2. Zone A — Priorité 1 (~110 sites) : Les territoires à gisement complet

La Zone A regroupe les territoires qui cumulent les trois gisements complémentaires (forêt, bocage, résidus agricoles) dans un même bassin de 40 km, un réseau GRDF dense, et une tension d'usage bois-énergie existant restée limitée. Ce sont les territoires dans lesquels un site peut être conçu en priorité pour la performance économique et la production de biométhane, le cadre logistique étant le moins contraignant.

2.1 Grand Ouest bocager — ~55 sites

Normandie, Bretagne, Pays de Loire, Poitou-Charentes. C'est le territoire le plus favorable de France pour un site Résilience — la Normandie seule ayant servi de cas d'étude dans le document Logistique V2. La superposition de 123 400 km de haies bocagères (potentiel net 160 000–240 000 t/an), de 1,9 Mt/an de paille céréalière (excédent de 210 000 t/an) et de massifs forestiers feuillus constitue le mix à trois sources le plus équilibré et le plus diversifié dans le temps. Le réseau GRDF y est parmi les plus denses de France.

- **Répartition calendaire idéale** : paille (juil.–août) + forêt (oct.–déc.) + bocage (jan.–mars) — complémentarité naturelle qui limite le dimensionnement du stock tampon.
- **Acteurs structurants déjà en place** : Chambres d'agriculture, CUMA bocagères, coopératives céréalières (réseau de collecte déjà opérationnel à adapter).
- **Tension d'usage à surveiller** : les chaufferies bois-énergie communales déjà alimentées par les mêmes plateformes bocagères — une cartographie SIG préalable est indispensable à chaque localisation de site.

2.2 Massif Central — ~25 sites

Auvergne, Corrèze, Creuse, Lozère, Ardèche nord. Biomasse forestière feuillue abondante et structurellement sous-exploitée (taux de prélèvement inférieur à 50 % de la production biologique nette dans la plupart des massifs). Tensions d'usage faibles — peu de concurrence industrielle avec la filière papetière ou les grandes chaufferies collectives. La déprise agricole a libéré des terrains disponibles pour l'implantation des sites en périphérie des massifs.

- **Contrainte principale** : réseau GRDF moins dense qu'à l'Ouest — certains sites nécessiteront une extension de réseau ou des solutions de compression locale (GNC/GNL en attendant l'extension). À prendre en compte dans le dossier de faisabilité Phase 0.
- **Atout spécifique** : le Massif Central est l'un des rares territoires français où le gisement forestier est structurellement supérieur à sa mobilisation actuelle, sans concurrence d'usage significative. C'est un gisement quasi-vierge du point de vue de la pyrogazéification.
- **Localisation préférentielle** : en bordure de massif, à la jonction avec les bassins agricoles (paille, CIVE) — Thiers/Issoire côté Puy-de-Dôme, Ussel côté Corrèze, Aurillac côté Cantal.

2.3 Grand Est forestier — ~30 sites

Vosges, Alsace, Bourgogne nord, Champagne-Ardenne forestière. La région Grand Est présente la production biologique annuelle de bois la plus élevée de France : 7 m³/ha/an contre 5,3 m³/ha/an en moyenne nationale (IGN IFN 2024). Le réseau GRDF y est bien développé. La région Grand Est est la seule en France où la forêt publique est majoritaire (56 % contre 25 % nationalement), ce qui facilite la contractualisation avec l'ONF.

- **Tension d'usage à gérer** : le Grand Est héberge une industrie papetière et de panneaux (Vosges, Alsace) déjà consommatrice de bois de faible dimension. La cartographie SIG doit éviter les bassins déjà sous pression industrielle et cibler les massifs en excédent de production.
- **Forêts publiques ONF** : un atout majeur — la contractualisation avec l'ONF sur les coupes de rémanents est plus directe que sur les forêts privées fragmentées. Les massifs vosgiens et ardennais sont particulièrement propices.
- **Localisation préférentielle** : Épinal/Remiremont (rémanents vosgiens), Châtilлон-sur-Seine (Châtilonnais), Bar-le-Duc (Forêts du Barrois).

✓ **Conclusion** : La Zone A (~110 sites) est le cœur industriel du Programme Résilience. Elle est dimensionnée pour la performance : coût logistique minimal, réseau GRDF accessible, gisement multi-sources éprouvé. C'est là que les 20 premiers sites de Phase 1 (2029–2033) devront être implantés pour démontrer la viabilité industrielle avant le déploiement élargi vers les Zones B et C.

3. Zone B — Priorité 2 (~30 sites) : Territoires à structurer

La Zone B regroupe des territoires dont le gisement biomasse est réel mais moins diversifié que la Zone A, ou dont le réseau GRDF nécessite des extensions. Les sites implantés ici ont un rôle complémentaire : ils structurent des filières locales qui n'existent pas encore, créent des débouchés pour des gisements actuellement non valorisés, et consolident l'équilibre territorial du programme.

3.1 Normandie-Picardie céréalière — ~10 sites

Les plateaux limoneux du Pays de Caux, de la Picardie et du Vexin normand produisent d'importantes quantités de paille (1,9 Mt/an en Normandie seule) mais le bocage y est en fort recul depuis les remembrements. Le mix à deux sources (paille + forêts privées clairsemées) est moins robuste qu'à l'Ouest bocager — d'où le classement en Zone B.

- **Organisation logistique différente** : les coopératives céréalières (réseau Invivo, Axereal, etc.) peuvent jouer directement le rôle de structeur de l'approvisionnement paille — c'est une différence majeure avec le bocage où les CUMA jouent ce rôle.
- **Complémentarité avec Zone A** : certains de ces sites pourront être alimentés en appoint par du bocage normand via les plateformes de regroupement, réduisant la dépendance à la seule paille.

3.2 Nouvelle-Aquitaine — ~10 sites

Le massif des Landes de Gascogne (1 million d'hectares de pin maritime) constitue un gisement forestier énorme, mais avec deux spécificités contraignantes. Premier point : le pin maritime produit des résines qui modifient la composition du syngas et nécessitent une adaptation du procédé de craquage des goudrons — un point à valider en Phase 0 avant tout déploiement. Second point : la Gironde et les Landes ont subi des incendies catastrophiques en 2022 (28 000 ha détruits) révélant la vulnérabilité structurelle du massif mono-essentiel à la sécheresse croissante.

- **Positionnement préférentiel** : la Dordogne, le Lot-et-Garonne et la Charente — forêts feuillues mixtes, bocage périgourdin, résidus de culture de maïs — offrent un profil plus favorable que le massif landais strict.
- **Étude préalable obligatoire** : composition du syngas sur biomasse de pin maritime avant toute décision d'implantation dans les Landes stricto sensu.

3.3 Bourgogne-Franche-Comté — ~10 sites

Forêts feuillues de haute qualité (chênes du Châtillonnais, hêtres du Morvan, forêts communales du Jura), bonne desserte forestière, réseau GRDF développé. La tension d'usage est la principale contrainte : ces forêts sont déjà sollicitées par la filière bois d'œuvre (scieries de qualité) et par les chaufferies collectives existantes. Les sites Résilience doivent cibler les flux non concurrents — rémanents d'exploitation, bois secs non commerciaux — et non les grumes de qualité.

- **Tension bois d'œuvre** : la Bourgogne-Franche-Comté héberge une filière bois d'œuvre structurée (chêne pour tonnellerie, merrains). Le principe de hiérarchie des usages s'applique strictement : la pyrogazéification ne mobilise que les flux résiduels non valorisables en bois matériau.

4. Zone C — Spéciale incendie (~10 sites) : La zone paradoxale

C'est la zone la plus contre-intuitive du programme — et potentiellement la plus stratégique pour la politique publique française. Les territoires méditerranéens et sub-méditerranéens à fort risque incendie ont été initialement exclus de cette analyse, puis reconsidérés pour une raison fondamentale que la première version de la carte négligeait :

Raisonnement initial (incorrect)	Raisonnement corrigé (Zone C)
Un incendie détruit le gisement → la zone est trop risquée → on exclut ces territoires	L'absence de débouché économique pour la biomasse combustible est précisément ce qui l'accumule et alimente les grands feux → la pyrogazéification est la solution, pas la victime du problème
La pyrogazéification est consommateur passif d'un gisement menacé	La pyrogazéification est l'outil qui rend économiquement viable la sylviculture préventive sans subvention
0 site dans les zones méditerranéennes	~10 sites à double mission : production + DFCI préventive

Tableau 2 — Changement de paradigme sur les zones à risque incendie.

4.1 Le problème structurel des forêts méditerranéennes

La forêt méditerranéenne française — PACA, Languedoc-Roussillon, Corse, Ardèche, Drôme — est structurellement non gérée parce qu'**elle est peu productive économiquement** : le bois y est de qualité médiocre (taillis de chênes verts et pubescents, maquis, garrigue), sans marché pour les petites dimensions. Les propriétaires n'entretiennent pas leurs parcelles parce qu'il n'y a rien à vendre. La biomasse combustible s'accumule donc année après année, transformant ces massifs en poudrières.

L'État finance la DFCI (Défense de la Forêt Contre les Incendies) avec des subventions à 60–80 % des coûts de débroussaillage et de sylviculture préventive — mais ces travaux ne sont pas rentables pour le propriétaire, et les fonds publics sont insuffisants pour couvrir l'ensemble des massifs à risque. Le résultat : des millions d'hectares de forêt méditerranéenne restent sous-gérés, en accumulation permanente de combustible.

4.2 Ce que la pyrogazéification change

Un site de pyrogazéification situé en périphérie d'un massif méditerranéen (à l'interface forêt / zones agricoles irriguées) renverse complètement ce modèle économique :

- **La coupure de combustible DFCI devient un gisement rémunéré** : au lieu que l'État paie pour que quelqu'un enlève de la biomasse combustible (le modèle actuel), le site paie le propriétaire forestier pour qu'il lui apporte cette biomasse. La sylviculture préventive obligatoire devient économiquement rationnelle sans subvention.
- **L'élagage préventif des sous-étages denses génère de la plaquette utilisable** : broussailles, taillis de chênes verts, maquis, garrigues — biomasse de faible dimension parfaitement adaptée à la pyrogazéification, impropre à tout autre usage commercial actuel.
- **Les coupures de combustible programmatiques DFCI pilotent la collecte** : c'est le plan de massif DFCI qui définit où couper en priorité, et le site qui s'y adapte — une inversion du modèle logistique habituel où c'est le site qui choisit ses bassins. Le site devient prestataire de service DFCI, et non simple consommateur de biomasse.
- **Accès aux cofinancements DFCI** : les travaux de débroussaillage qui alimentent le site sont éligibles aux subventions DFCI à 60–80 %, réduisant d'autant le coût de collecte pour l'opérateur — un avantage économique inexistant en Zone A ou B.

4.3 Les adaptations spécifiques requises

La Zone C ne peut pas être traitée comme les Zones A et B. Trois adaptations opérationnelles sont nécessaires :

Dimension	Zone A/B (modèle standard)	Zone C (adaptation incendie)
Pilotage de la collecte	Le site choisit ses bassins selon le gisement économique	Le plan DFCI de massif définit les zones de récolte prioritaires — le site s'y adapte
Stock tampon sur site	30–45 jours — lissage saisonnier assuré en amont	60–90 jours — aléa incendie imprévisible, rupture possible hors saison
4e source d'appoint	Optionnelle — préventive	Obligatoire — résidus bois industriels ou CSR activables en cas de sinistre majeur
Localisation du site	Centre du bassin de collecte	Périphérie du massif — interface forêt / plaine agricole irriguée
Mission de l'opérateur	Production de biométhane et biochar optimisée	Double mission : production + prestation DFCI documentée et auditée annuellement
Financement complémentaire possible	BEI · CDC · BPI (critères environnementaux)	BEI · CDC · BPI + subventions DFCI (60-80 % collecte) + crédits CRCF biochar majorés

Tableau 3 — Adaptations opérationnelles spécifiques à la Zone C par rapport au modèle standard Zone A/B.

4.4 Territoires identifiés en Zone C

- **Garrigues du Gard et de l'Hérault** : interface entre les massifs de chênes blancs des Cévennes et les plaines viticoles irriguées. Réseau GRDF présent (Nîmes, Montpellier). Biomasse combustible : chênes pubescents, asphodèles, broussailles — non valorisable autrement.
- **Piémont varois (Var intérieur)** : l'un des départements les plus exposés aux incendies de France (300 départs/an dans les Bouches-du-Rhône limitrophes). Forêts de pins d'Alep et de chênes verts sous-gérées. Localisation préférentielle : Brignoles, Draguignan.
- **Corse intérieure** : maquis dense, forêts de pins laricio et de chênes verts non exploitées. Risque incendie extrêmement élevé (climatologie très défavorable). La Corse dispose d'un réseau GRDF limité — la solution biométhane comprimé/liquéfié (GNC/GNL) plutôt que l'injection réseau est la plus réaliste.
- **Ardèche et Drôme méridionales** : zone de transition entre Massif Central (Zone A) et Méditerranée. Profil mixte — peut être traité selon le modèle Zone A pour les parties en altitude et Zone C pour les garrigues basses.

Zone incendie — spécifique : Les sites de Zone C ne sont pas des sites de production optimisés — ils sont des sites de service écosystémique dont la production de biométhane est le sous-produit. Leur financement doit intégrer cette double mission dès la conception : le contrat de gestion de la biomasse doit être co-signé par l'opérateur du site ET par le service départemental DFCI, pour que la performance de réduction du risque incendie soit mesurée et auditée au même titre que la production de biométhane.

5. Zone D — Exclue : Les plaines agricoles sans biomasse ligneuse

La Zone D regroupe les territoires où le gisement biomasse ligneuse (forêt + bocage) est structurellement insuffisant pour couvrir les besoins d'un site, même en combinant toutes les sources disponibles. La paille seule — même excédentaire — ne peut constituer l'intégralité du gisement d'un site de pyrogazéification de 1 000 t/j pour trois raisons complémentaires : qualité homogène trop uniforme (risque de dysfonctionnement procédé), fenêtre de récolte concentrée sur 4 à 6 semaines en été imposant un stock tampon annuel de 300 000 t (infrastructure gigantesque), et variabilité inter-annuelle élevée (une campagne difficile peut compromettre 40 % du gisement annuel).

Territoire	Raison d'exclusion principale	Alternative proposée
Beauce (Eure-et-Loir, Loiret)	Taux de boisement < 10 % — paille abondante mais bocage quasi absent — gisement mono-source	Gisement à affecter à la méthanisation (CIVE, effluents d'élevage) ou à la paille à destination des sites Zone A/B en appoint
Plaine alsacienne (Bas-Rhin)	Pression urbanisation + agriculture intensive — bocage inexistant — forêts vosgiennes trop éloignées du réseau GRDF bas-rhinois	Zone A Grand Est : sites positionnés dans les Vosges ou Haut-Rhin plutôt que dans la plaine
Île-de-France (Seine-et-Marne, Val-de-Marne)	Pression foncière extrême — urbanisation dominante — forêts régionales protégées et non mobilisables	Hors périmètre Résilience — la méthanisation des biodéchets urbains est la filière pertinente pour l'IDF
Brie champenoise (Marne, Aube)	Grandes cultures céréalières sans massif forestier — paille disponible mais gisement bois insuffisant pour mix	Sites de méthanisation agricole (effluents viticoles + CIVE) plutôt que pyrogazéification

Tableau 4 — Territoires exclus et alternatives proposées.

Note : L'exclusion de la Zone D n'est pas une exclusion définitive — c'est une question d'ordre de priorité. Si les 150 sites de Zones A, B et C démontrent leur viabilité sur la période 2029–2040, une Phase 2 pourrait explorer des sites mixtes pyrogazéification/méthanisation dans certains territoires de Zone D disposant de flux agricoles intenses (paille + CIVE + effluents), avec des seuils de gisement bois revus à la baisse grâce à une adaptation du procédé.

6. Répartition nationale et calendrier de déploiement

Territoire	Zone	Sites estimés	Phase 1 2029–2033	Phase 2 2034–2040	Argument principal
Grand Ouest bocager	A	55	20	35	3 gisements complémentaires · réseau GRDF dense · CUMA et coopératives structurées

Territoire	Zone	Sites estimés	Phase 1 2029– 2033	Phase 2 2034– 2040	Argument principal
Grand Est forestier	A	30	8	22	Production biologique bois la plus élevée de France · forêts publiques ONF contractualisables
Massif Central	A	25	5	20	Gisement sous-exploité · tensions d'usage faibles · déprise agricole = terrains disponibles
Normandie-Picardie céréalière	B	10	2	8	Paille structurelle + coopératives céréalières comme organisateurs de l'approvisionnement
Nouvelle-Aquitaine (hors Landes)	B	10	0	10	Attendre validation procédé Phase 0 sur biomasse feuillue · Dordogne préférable aux Landes
Bourgogne-Franche-Comté	B	10	0	10	Forêts feuillues de qualité · cartographie usages existants indispensable avant engagement
Zones méditerranéennes (DFCI)	C	10	0	10	Double mission production + DFCI · démarrer uniquement après accord formel service DFCI régional
TOTAL	A+B+C	150	35	115	35 sites Phase 1 uniquement en Zone A (validation industrielle) — déploiement Zone B et C uniquement en Phase 2

Tableau 5 — Répartition nationale indicative des 150 sites et calendrier de déploiement. \triangle Ces nombres sont des estimations à affiner par étude SIG département par département.

7. Préalables indispensables avant toute localisation définitive

La présente note constitue un cadre d'analyse stratégique — pas une localisation définitive. Avant tout engagement de Phase 1 sur un site précis, trois préalables sont non négociables :

7.1 Étude SIG département par département

Pour chaque bassin candidat, une cartographie SIG (Système d'Information Géographique) doit soustraire du gisement théorique : les usages bois-énergie existants (chaufferies collectives, scieries, papeteries), les zones Natura 2000 et réserves biologiques, les refus de contractualisation attendus (estimés à 40–60 % des propriétaires sollicités), et les contraintes d'accès routier. Ce n'est qu'après cette soustraction que le gisement net mobilisable dans un rayon donné est connu avec une précision suffisante pour une décision d'investissement.

7.2 Cartographie nationale des usages concurrents

La démonstration qu'un site isolé est faisable (étude Normandie V2) ne démontre pas que 150 sites sont faisables simultanément sans tensions cumulées sur la ressource et les prix. Une cartographie nationale croisant le gisement biomasse par bassin de 40 km et les usages existants (filiales bois-

énergie, industries bois, chaufferies) est la prochaine étape analytique indispensable — celle qui permettra de passer d'une faisabilité locale à une stratégie nationale crédible.

7.3 Accord formel DFCl pour les sites de Zone C

Aucun site de Zone C ne doit démarrer sans un accord formel co-signé entre l'opérateur, le service départemental DFCl et la DRAAF régionale, définissant : les zones de récolte prioritaires selon le plan de massif, les volumes annuels garantis à mobiliser par zone, le protocole d'audit de la réduction du risque incendie (surface débroussaillée, épaisseur de combustible réduite, linéaire de coupe créé), et les mécanismes de compensation en cas de sinistre majeur interrompant l'approvisionnement.

8. Synthèse — Ce que cette analyse change dans le corpus Résilience

- **La question « où » est aussi critique que la question « comment »** : le verrou technologique des goudrons est identifié et documenté. Le verrou logistique est maintenant quantifié (étude Normandie V1 et V2). Le verrou territorial — où positionner les 150 sites sans créer de tension sur les usages existants — est la troisième dimension nécessaire pour passer d'un projet à une politique.
- **La Zone C requalifie le Programme Résilience** : au-delà d'un programme énergétique, Résilience est aussi un programme de gestion des risques naturels. Les 10 sites de Zone C ne produisent pas seulement du biométhane — ils réduisent structurellement le risque d'incendie sur des millions d'hectares actuellement non gérés. C'est un argument pour Piednoir (OPECST) et pour les ministères de l'Agriculture et de l'Intérieur, au-delà du seul ministère de l'Énergie.
- **La stratégie de déploiement séquentiel est validée** : 35 sites en Phase 1 uniquement en Zone A (validation industrielle, risque logistique minimal) avant tout déploiement en Zone B et C. Cela protège le programme contre un échec précoce sur des sites plus complexes.
- **La prochaine étape analytique est nationale** : une étude de gisement agrégée à l'échelle des 150 bassins de 40 km — croisant le gisement brut, le taux de mobilisation réaliste et les usages existants — est ce qui fera la différence entre une ambition et un plan industriel. C'est l'étude que l'ADEME, France Stratégie ou le GIS Biomasse (créé en 2024) pourraient être mandatés pour réaliser sur commande gouvernementale.

La question décisive n'est plus « peut-on faire un site ? »

C'est « peut-on faire 150 sites sans tensions cumulées sur la ressource ? »

Cette analyse territoriale est le préalable à cette démonstration.

Références

- IGN — Inventaire Forestier National 2024 · Mémento de l'inventaire forestier · Taux de boisement par département.
- ADEME / Enerdata / Ceresco / Meresco — Chiffres Clés Biomasse 2025 — première édition exhaustive des ressources et usages de la biomasse en France.

- Chambres d'agriculture de Normandie — Rôles et valorisation des haies · Étude Haie Biomasse Basse-Normandie 2010.
- GIEC Normand — Haies et bocages face au changement climatique, janvier 2025.
- DFCI — Politique nationale de Défense des Forêts Contre les Incendies · Plans départementaux PDPFCI.
- Observatoire des forêts françaises — Taux de boisement · Acteurs de la prévention et de la lutte incendie.
- Programme Résilience V11 enrichi — §2.2 Gisement biomasse · §4.2 Économie du site type · §3.2 Comparatif CAPEX BEV vs Résilience.
- Logistique d'approvisionnement biomasse Normandie V2 (juin 2026) — Étude de cas, taux de mobilisation réaliste, analyse de sensibilité.
- Note de cadrage pyrogazéification (juin 2026) — Les 4 fonctions irremplaçables du système Résilience.
- INRAE — Rapport GT Bioénergies SNBC-3 (avril 2024) — Enjeux agronomiques, techniques et économiques de la mobilisation accrue de biomasse.