

PROGRAMME RÉSILIENCE 2045

Pourquoi il devient nécessaire d'étudier les puits naturels de carbone et les capacités de séquestration anthropique

Une question scientifique et stratégique qui ne peut plus être laissée sans réponse

Note de position — Août 2026 | resilience2045.fr

La question centrale

Les trajectoires de transition climatique reposent sur une condition fondamentale : réduire très fortement les émissions anthropiques, puis atteindre le zéro net.

Cette condition est indispensable. Mais elle pourrait ne pas être suffisante.

Une deuxième question devient donc déterminante :

Que se passera-t-il si, dans les décennies qui viennent, les grands puits naturels de carbone **absorbent moins de CO₂ qu'ils ne l'ont fait jusqu'à présent ?**

Cette question n'est pas théorique. Elle est documentée, mesurable, et urgente.

Le GIEC reconnaît que les puits terrestres et océaniques sont sensibles aux conditions climatiques et que le changement climatique est susceptible d'affaiblir leur capacité future d'absorption. Il souligne également que le dégel du permafrost entraînera des émissions de carbone, même si l'amplitude et la chronologie de ce phénomène restent incertaines.

La question n'est donc plus de savoir si ces mécanismes existent. **Ils existent.** La question est désormais de déterminer quelle sera leur importance dans les trajectoires climatiques réelles du XXI^e siècle.

1. Une incertitude qui ne peut pas être traitée comme une hypothèse nulle

Une incertitude scientifique ne signifie pas que le phénomène est négligeable. Elle signifie que son amplitude, sa vitesse ou sa localisation ne sont pas encore connues avec suffisamment de précision. **Cette distinction est essentielle.**

Les observations montrent déjà une dégradation importante de certains puits, notamment forestiers. La note scientifique du Programme Résilience documente la forte diminution du puits forestier français — de 63 Mt CO₂ /an (2005-2013) à 39 Mt CO₂ /an (2015-2023), soit une baisse de 38% en moins de dix ans (IGN, 2025) — et le cas du massif landais, où la séquestration récente s'est fortement dégradée (T. Rabotin, G. Billen, J. Le Noë, Revue Forestière Française, 2025).

Le permafrost constitue un autre exemple : son dégel est reconnu comme une source future de carbone, mais l'amplitude exacte de cette contribution reste incertaine. Les océans présentent également une situation complexe : ils constituent toujours un puits majeur, mais le GIEC indique que leur réchauffement et les modifications de leur fonctionnement peuvent affaiblir ce puits dans le futur.

Conclusion de cette section

Une politique climatique robuste ne devrait pas seulement considérer le maintien des puits

naturels comme une hypothèse centrale ; elle devrait également étudier les conséquences **d'une diminution de leur capacité.**

2. Le véritable risque est l'écart entre le puits supposé et le puits réel

Le problème peut être exprimé très simplement.

Si une trajectoire climatique suppose que les écosystèmes terrestres et océaniques absorbent une quantité donnée de CO₂, mais qu'ils en absorbent finalement moins, alors **la différence reste dans l'atmosphère.**

À l'échelle d'un pays comme la France, une diminution du puits national de plusieurs dizaines de millions de tonnes de CO₂ par an représente un écart considérable dans le bilan carbone. À l'échelle mondiale, une modification même relativement faible de la fraction des émissions absorbée par les terres et les océans représente des quantités de carbone considérables.

Le GIEC souligne lui-même que l'évolution des puits naturels déterminera une partie des efforts nécessaires pour limiter le réchauffement futur.

Il ne s'agit donc pas d'annoncer un effondrement certain.

Il s'agit de constater que l'hypothèse inverse — celle de puits durablement stables — **mérite elle aussi d'être vérifiée.**

3. Une réussite de la transition fossile ne supprimerait pas cette question

Imaginons que l'objectif le plus favorable soit atteint : les émissions fossiles sont très fortement réduites et le monde atteint le zéro net autour de 2050. Cela constituerait évidemment une réussite majeure.

Mais **le CO₂ accumulé dans l'atmosphère ne disparaît pas.** Et le système climatique continue de répondre au déséquilibre créé par les émissions passées.

Plus important encore, le fonctionnement des puits naturels évolue lui-même avec le climat. Le GIEC indique que les mécanismes responsables de l'absorption terrestre et océanique sont affectés par le changement climatique et que leur capacité future doit être prise en compte dans l'évaluation des trajectoires.

Un paradoxe apparent

Plus nous réussissons à réduire les émissions, plus la question de ce qui arrive **au carbone déjà présent dans le système climatique devient importante.**

Cela donne une place particulière aux capacités de retrait du CO₂ — indépendamment du succès ou de l'échec de la décarbonation elle-même.

4. La séquestration anthropique devient alors une assurance climatique

Il ne s'agit pas de remplacer les forêts, les océans ou les sols. Il faut au contraire les protéger.

Mais il devient rationnel d'envisager parallèlement des capacités de séquestration dont l'homme puisse contrôler :

— la quantité produite et séquestrée

- le lieu et les conditions de production
- le procédé et ses rendements
- la mesure et la certification
- la traçabilité industrielle
- la durée de stockage vérifiable

C'est précisément le domaine du **Carbon Dioxide Removal (CDR)**. Le GIEC considère déjà le retrait du CO₂ comme une famille de solutions distincte de la seule réduction des émissions, et inclut notamment le biochar parmi les méthodes de retrait et de stockage du carbone.

La question n'est donc pas de savoir si le principe mérite d'être étudié. Il l'est déjà au niveau scientifique international.

La question est de savoir quelles formes peuvent être pertinentes à l'échelle française.

5. Le cas particulier de Résilience 2045

C'est ici que le Programme Résilience présente un intérêt qui dépasse la seule question énergétique.

Le biochar envisagé dans Résilience n'est pas présenté comme une filière autonome destinée uniquement à capter du carbone. **Il constitue un coproduit d'une chaîne industrielle de valorisation de biomasses résiduelles**, associée notamment à la production de bio-CH₄.

Potentiel estimé — scénario V11 Résilience 2045

Production biochar : 7,5 à 9 Mt/an

Séquestration par le biochar seul : 19 à 28 Mt CO₂ eq/an

Bilan carbone France ~2045 (ensemble de la chaîne) :

- Séquestration biochar : 19–28 Mt CO₂ eq/an
- Substitution gaz naturel fossile par bio-CH₄ : ~20–25 Mt CO₂ eq/an
- Décarbonation mobilité (bio-GNV/GNL vs diesel/kérosène) : ~15–20 Mt CO₂ eq/an
- Réduction émissions agricoles (digestat, méthanisation) : ~5–10 Mt CO₂ eq/an

Total : –60 à –80 Mt CO₂ /an à ~2045

(estimations prospectives — corpus V11 Résilience 2045)

Même si ces chiffres doivent naturellement être vérifiés par des études indépendantes, leur ordre de grandeur est suffisamment important pour poser une question stratégique : **un potentiel de l'ordre de plusieurs dizaines de millions de tonnes de CO₂ par an ne peut pas raisonnablement être écarté sans étude.**

6. Le biochar ne doit pas être présenté comme une certitude absolue

La question scientifique pertinente n'est pas :

« Le biochar est-il éternel ? »

Elle est :

« Quelle fraction du carbone du biochar produit dans les conditions industrielles envisagées peut être considérée comme durablement séquestrée, dans quels usages et avec quelle durée de stockage vérifiable ? »

Cette question est parfaitement étudiable. Le GIEC classe le biochar parmi les méthodes de retrait du CO₂ et estime son stockage à des échelles allant de plusieurs décennies à plusieurs siècles. Les référentiels de certification du biochar — notamment l'European Biochar Certificate (EBC) — ont développé des méthodes permettant d'estimer et de certifier la fraction de carbone durablement stockée, à partir de critères liés au rapport H/Corg et d'hypothèses conservatrices de dégradation.

Cela signifie qu'une étude française pourrait passer du potentiel théorique à un bilan carbone vérifiable, intégrant la biomasse réellement mobilisable, les émissions de la chaîne, le rendement de pyrogasification, la quantité de biochar produite, sa stabilité et son devenir dans les sols, les effets indirects sur les écosystèmes et les émissions évitées.

7. Résilience présente une caractéristique supplémentaire : plusieurs bénéfices pour une même biomasse

C'est probablement l'un des aspects les plus intéressants à étudier. Une même organisation territoriale peut simultanément contribuer à :

- réduire la biomasse combustible dans les zones à risque incendie
- valoriser des résidus agricoles ou forestiers qui seraient autrement abandonnés ou brûlés
- produire du bio-CH₄ substituant du gaz naturel fossile
- produire du biochar et séquestrer durablement une fraction du carbone
- restituer une partie de la matière carbonée aux sols agricoles
- réduire certains besoins en intrants agricoles
- créer une activité économique ancrée dans les territoires ruraux

Il ne s'agit donc pas seulement de comparer le coût d'une tonne de CO₂ captée. **Il faut étudier le système complet et les services qu'il rend simultanément.** C'est précisément ce qui justifie une étude multidisciplinaire.

8. Ce qu'il faudrait maintenant étudier

Le Programme Résilience ne demande pas que ses chiffres soient acceptés tels quels. Il propose des ordres de grandeur qui doivent être soumis à vérification indépendante. Une étude pourrait notamment répondre à six questions :

1. Ressource

Quelle quantité de biomasse réellement et durablement mobilisable existe en France sans dégrader les écosystèmes ni concurrencer les usages prioritaires ?

2. Énergie

Quel est le rendement réel d'une chaîne industrielle biomasse → syngas → bio-CH₄ + biochar à l'échelle des sites envisagés ?

3. Carbone

Quelle quantité nette de CO₂ est effectivement retirée de l'atmosphère après prise en compte de l'ensemble des émissions de la chaîne ?

4. Permanence

Quelle fraction du carbone du biochar reste effectivement stockée à 100, 500 et 1 000 ans selon les procédés et les usages ?

5. Territoires

Quels bénéfices supplémentaires peuvent être obtenus en associant la filière aux politiques de prévention des incendies, de gestion forestière et de restauration des sols ?

6. Économie

Quel est le coût réel par tonne de CO₂ durablement séquestrée une fois l'ensemble des coproduits et services rendus pris en compte ?

9. L'étude peut être menée sans attendre que le scénario climatique le plus défavorable se réalise

C'est probablement le point stratégique essentiel.

Un investissement asymétrique en faveur de l'action

Si les puits naturels se maintiennent mieux que prévu :

→ **la séquestration anthropique supplémentaire restera utile.**

Si les puits se dégradent modérément :

→ **elle deviendra plus utile.**

Si plusieurs rétroactions s'accélèrent :

→ **elle pourrait devenir indispensable.**

Le coût de vérifier aujourd'hui le potentiel de Résilience est limité par rapport **au coût potentiel de découvrir dans vingt ans que nous avons besoin de cette capacité et qu'elle n'existait pas encore. C'est exactement le principe d'une stratégie de résilience.**

10. La question qui devrait maintenant être posée aux décideurs

Il ne paraît plus nécessaire de demander :

« *Croyez-vous au scénario Résilience 2045 ?* »

La question pertinente est beaucoup plus simple :

« Les observations actuelles sur l'évolution des puits naturels, combinées à l'incertitude sur leur évolution future, justifient-elles de quantifier dès maintenant le potentiel français de séquestration anthropique durable ? »

Et si la réponse est oui, une seconde question s'impose :

« Le potentiel de 19 à 28 Mt CO₂ eq/an de séquestration par biochar identifié dans Résilience 2045 est-il réaliste, et à quelles conditions techniques, environnementales et économiques ? »

Ces deux questions sont parfaitement légitimes, **même pour quelqu'un qui ne partage pas les hypothèses les plus pessimistes de Résilience.**

Conclusion

Le Programme Résilience 2045 ne prétend pas avoir définitivement résolu la question du climat.

Il met en évidence un risque systémique insuffisamment intégré dans les décisions énergétiques : la possibilité que les capacités d'absorption naturelles diminuent alors même que les sociétés auront besoin de ces puits pour atteindre et maintenir leurs objectifs climatiques. **Les incertitudes qui subsistent ne justifient pas de rejeter cette question. Elles justifient de l'étudier.**

La France dispose aujourd'hui d'un scénario qui propose, au-delà de la réduction des émissions, une capacité potentielle de séquestration anthropique de plusieurs dizaines de millions de tonnes de CO₂ par an, associée à des productions et services déjà nécessaires : énergie, biométhane, gestion de biomasse, prévention des incendies et restauration des sols.

Il n'est pas nécessaire d'affirmer que tous les chiffres de Résilience sont exacts pour reconnaître que leur ordre de grandeur justifie une investigation scientifique et industrielle indépendante.

Le véritable enjeu

Il n'est pas de savoir aujourd'hui si Résilience 2045 est « la solution ».

Il est de savoir si nous pouvons raisonnablement nous permettre de ne pas vérifier **une possibilité qui, si elle se confirmait, pourrait représenter plusieurs dizaines de millions de tonnes de CO₂ durablement retirées chaque année tout en répondant à d'autres besoins de la transition.**

Dans un contexte où les puits naturels montrent déjà des signes de vulnérabilité et où le GIEC souligne l'importance du retrait actif du CO₂, l'absence d'étude approfondie **devient elle-même une prise de risque.**

Résilience ne demande pas que l'on croie à son scénario.

Il demande que l'on vérifie s'il fonctionne.

Et compte tenu des enjeux, cette vérification mérite d'être engagée maintenant.

Jacques Diez — ingénieur retraité — Programme Résilience 2045
resilience2045.fr