

# Analyse 2026 du passage à l'échelle des *technologies bas carbone* : les dernières évolutions



# Executive summary

En 2026, le constat est clair : **le principal obstacle à la transition bas carbone n'est plus technologique.** Les seize technologies structurantes analysées dans cette étude ont démontré leur maturité, leur performance et leur capacité à s'industrialiser.

**Le véritable enjeu est désormais celui du passage à l'échelle.** La question n'est plus de savoir si ces solutions fonctionnent, mais si **nos systèmes industriels, énergétiques et publics sont capables de les déployer suffisamment vite et massivement** pour rester compétitifs dans un contexte de concurrence mondiale accrue. **La transition est entrée dans une phase d'exécution sous contraintes** : contraintes de capital, de réseaux, de compétences, de coordination et de prévisibilité réglementaire. **C'est un test de souveraineté industrielle autant qu'un impératif climatique.**

Depuis notre première édition en 2022, **la nature des barrières a évolué.** Les verrous technologiques se sont largement levés et les capacités industrielles ont progressé dans la majorité des filières. Des projets émergent, les chaînes de valeur se structurent et l'offre existe. En revanche, **les freins économiques, financiers et systémiques sont devenus centraux.** Le coût relatif de l'électricité bas carbone demeure un désavantage compétitif pour plusieurs industries stratégiques.

La flexibilité du système électrique reste insuffisante pour absorber une montée en puissance rapide. Plusieurs filières critiques peinent à atteindre leurs décisions finales d'investissement faute de visibilité sur la demande et de mécanismes de sécurisation adaptés. Enfin, les délais de raccordement et les contraintes d'infrastructures ralentissent des projets pourtant matures. **Les investisseurs ne doutent plus de la technologie ; ils doutent de la stabilité et de la prévisibilité du cadre dans lequel elle doit se déployer.**

La conséquence est stratégique : **sans construction active de la demande et sans orchestration cohérente des conditions d'exécution, le rythme de déploiement restera en deçà des objectifs climatiques et industriels. La transition ne pourra pas réussir projet par projet ; elle exige une approche systémique.** Cela implique de sécuriser une énergie bas carbone compétitive et prévisible, d'organiser des écosystèmes industriels territorialisés, de renforcer la résilience des chaînes de valeur et **d'assumer un rôle public plus stratégique dans l'activation des marchés et la priorisation des ressources.**

Le défi des prochaines années n'est plus celui de l'innovation, mais **celui de la coordination et de l'exécution à grande échelle.** Le choix est désormais industriel et économique : **accélérer de manière structurée ou accepter un décrochage en compétitivité et en souveraineté.**

# Étude 2022 – Comment accélérer le déploiement de 16 technologies clés



« Décarbonation, sécurité énergétique et sobriété : comment la France peut-elle atteindre ses objectifs d'ici à 2030 ? »

Les mesures clés à prendre pour le déploiement à grande échelle de 16 technologies stratégiques

Télécharger l'étude



Solaire nouvelle génération

Éolien flottant

Électrolyseurs

Stockage d'électricité stationnaire de longue durée

Réseaux électriques

Réseaux de chaleur et de froid

Bétons biosourcés

Alternatives au clinker et CCUS pour le ciment

Acier décarboné

Combustibles alternatifs : biomasse solide et CSR

Recyclage chimique des plastiques

Rénovation profonde des bâtiments tertiaires

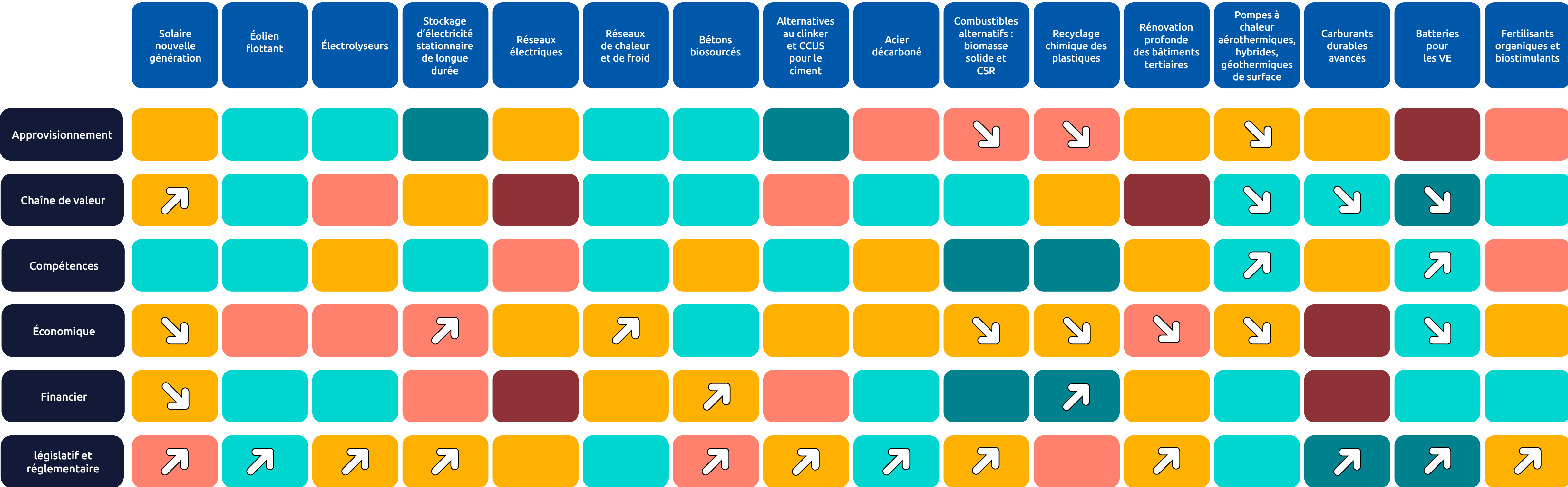
Pompes à chaleur aérothermiques, hybrides, géothermiques de surface

Carburants durables avancés

Batteries pour les VE

Fertilisants organiques et biostimulants

# La situation des différentes filières s'est améliorée en 2025 par rapport à 2022, mais de façon hétérogène



Barrière au déploiement (faible 1 ; forte 5) 1 2 3 4 5

 Amélioration par rapport à 2022

 Dégradation par rapport à 2022

# 2022 vs 2025, les 5 bascules majeures



**Des capacités industrielles pour les technologies bas carbone ont émergé**



**Des demandes insuffisantes**

0 FID dans e-SAF, faible avance dans l'H<sub>2</sub> et l'acier



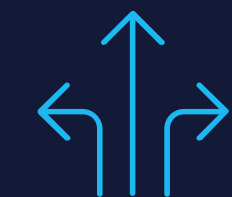
**Des cadres publics mieux définis, mais pas encore exécutifs**

CBAM, ReFuelEU, Battery Reg...



**4 verrous bloquent l'exécution**

Coût de l'électricité, manque de flexibilité, FID non déclenchés, délais réseaux



L'enjeu clé reste de **sécuriser et orchestrer les filières**

# Les recommandations de 2022 restent d'actualité en 2025 pour lever les barrières au déploiement des technologies

## Approvisionnement en matériaux et technologies

### Renforcer la souveraineté des industries

- Accès aux **intrants critiques**
- Soutien à la **substitution technologique**
- Structuration de **filères industrielles complètes de l'extraction au recyclage**
- **Partenariats industriels** long terme



## Chaines de valeur et souveraineté

### Créer des systèmes territorialisés

- **Énergie bas-carbone** abondante, compétitive et prévisible
- **Consortiums industriels** pour le passage à l'échelle
- **Co-investissements** dans des infrastructures partagées
- **Ancrage territorial** des politiques cleantech



## Compétences

### Faire des compétences un pilier de souveraineté

- **Programmes nationaux** de compétences par filière
- **Campus industriels** territoriaux
- Diffusion des **savoir-faire industriels** et formations



## Enjeu économique et financier

### Sécuriser l'adéquation offre/demande

- **Soutien de la demande**
- **Priorisation des financements** vers les premières usines
- **Coalitions** industrielles et financières
- **Attraction d'investisseurs** internationaux stratégiques



## Stabilité et adaptation des cadres législatif et réglementaire

### Faire du cadre réglementaire un accélérateur industriel

- Transposition des **cadres européens** (DDADUE)
- **Parcours réglementaires** accélérés
- Adaptation des **normes et référentiels techniques**
- Mobilisation de la commande publique
- Renforcement des **capacités des administrations**



Annexe



Fiches détaillées sur  
les 16 technologies

# Solaire PV : L'amélioration du cadre législatif est insuffisante pour protéger les capacités de production en développement et sécuriser la demande

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●●○○		La dépendance aux matières premières critiques, en particulier au silicium, reste un enjeu structurant pour le solaire, même si l'émergence de projet industriels et les technologies de nouvelle génération visent à en réduire l'intensité. Aucun changement majeur n'est observé sur l'amont, maintenant une forte dépendance aux chaînes de valeur asiatiques. Le développement des technologies tandem pérovskite/silicium apparaît comme un levier stratégique de réduction de cette dépendance à moyen terme, mais leur maturité industrielle reste insuffisante.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	↗	●●●○○		La période 2022–2026 a été marquée par l'annonce de plusieurs projets de gigafactories solaires en France (Holosolis, Carbon, DAS Solar) <sup>(1)(2)(3)</sup> . Toutefois, ces projets portent majoritairement sur des technologies silicium de dernière génération, comparables aux technologies chinoises et visent ainsi avant tout la relocalisation de capacités de production compétitives et matures locales. Pour les technologies solaires de rupture, comme les tandems pérovskite/silicium, elles restent principalement cantonnées à la R&D et aux lignes pilotes, sans déploiement industriel massif à ce stade.
<b>Compétences</b>	N/A	●●○○○		La France dispose de compétences reconnues et structurées en R&D sur le solaire de nouvelle génération, en particulier sur les architectures tandem et l'amélioration des rendements au-delà des limites du silicium avec des partenariats entre industriels et instituts de recherche (IPVF, etc.) <sup>(4)</sup> . Ces compétences se sont renforcées et mieux articulées autour de projets collaboratifs et de lignes pilotes. En revanche, le savoir-faire industriel associé à la production à grande échelle de ces technologies reste peu développé, ce qui constitue un verrou majeur pour le passage du laboratoire à l'usine.
<b>Économiques</b>	↘	●●●○○		Le contexte économique reste marqué par une concurrence internationale très intense, accentuée par des situations de surcapacités de production à l'échelle mondiale, exerçant une forte pression sur les prix des panneaux solaires. Dans ce cadre, la compétitivité des projets industriels français repose de plus en plus sur l'intégration de leviers de soutien publics et de mécanismes de marché valorisant le contenu local et l'empreinte carbone des technologies. Des cadres européens structurants existent (comme avec le Net Zero Industry Act au niveau Européen ou encore avec le Pacte Solaire en 2024 ratifié par près d'une trentaine d'acteurs renouvelables s'engageant à recourir d'avantage aux panneaux français dans leurs achats), mais leur traduction dans les appels d'offres reste partielle et hétérogène.
<b>Financières</b>	↘	●●●○○		La capacité à mobiliser des financements publics et privés pour des projets industriels solaires s'est renforcée depuis 2022, avec plusieurs initiatives démontrant un intérêt croissant des investisseurs pour la filière. Des dispositifs incitatifs visant à soutenir l'investissement industriel contribuent à améliorer l'attractivité financière des projets. Toutefois, l'absence de décisions finales d'investissement pour plusieurs gigafactories souligne la persistance d'incertitudes sur la rentabilité à long terme et la nécessité de garanties supplémentaires pour sécuriser les financements dans un contexte de compétition internationale accrue.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●○○○○		Aucune barrière majeure d'acceptabilité n'a été identifiée à ce stade. La perception du solaire reste globalement positive et favorable à son déploiement, y compris à grande échelle. Ce sujet devra néanmoins continuer à être suivi dans un contexte de montée en puissance industrielle et d'implantation d'infrastructures de production sur le territoire.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●●●●○		Des avancées réglementaires ont été observées depuis 2022 en faveur du développement du solaire et de l'industrialisation local. Une réduction de la TVA sur les panneaux en autoconsommation <9KwC est appliquée en cas de respects de critères environnementaux. Au niveau européen, le Net Zéro Industry Act impose la mise en place de critère non tarifaire (durabilité, résilience et responsabilité sociale) dans 30% des appels d'offres énergie à compter de 2026 mais sans transition complète actuelle dans les appels CRE principaux.

<sup>(1)</sup> <https://www.pv-magazine.com/2025/04/24/das-solar-plans-3-gw-solar-module-factory-in-france/>

<sup>(2)</sup> <https://www.eu-startups.com/2025/11/holosolis-secures-over-e220-million-to-advance-one-of-europes-largest-solar-gigafactories-in-france/>

<sup>(3)</sup> <https://www.pv-magazine.com/2025/12/16/longi-backs-carbons-shift-to-gw-scale-solar-production-in-france/>

<sup>(4)</sup> <https://www.lechodusolaire.fr/voltec-solar-et-lipvf-projetent-une-giga-usine-de-panneaux-solaires-avec-un-rendement-de-30/>

# Les barrières de l'éolien flottant se sont atténuées en 2025 grâce à la montée en puissance des appels d'offres et de la planification

## Évolution des barrières au déploiement

		Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A		●●○○○		Approvisionnement et technologies globalement maîtrisés, avec des composants majoritairement issus de ressources non critiques. La chaîne de valeur spécifique au flottant reste toutefois encore émergente, avec des dépendances à un nombre limité d'acteurs spécialisés, notamment sur les plateformes flottantes et les systèmes d'ancrage.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	↗		●●○○○		La France franchit un cap significatif avec plus de 6,8 GW d'éolien en mer attribués (en service, en construction ou en développement) incluant 3 parcs flottants de 250 MW chacun (AO5 & AO6) qui sont en développement <sup>(1)</sup> . Les appels d'offres réguliers intègrent désormais des projets flottants <sup>(2)</sup> . Le résultat de la cartographie des zones prioritaires à horizon 10 ans présente un scénario équilibré entre le développement de l'éolien flottant et de l'éolien posé et prévoit plus de 5 MW d'éolien flottants pour les prochaines AO9 et AO10. Néanmoins, des contraintes fortes persistent sur les infrastructures portuaires, la logistique industrielle et le raccordement au réseau (ports lourds, grues spécialisées, capacités de câblage sous-marin), identifiées comme des points critiques par la filière <sup>(3)</sup> .
<b>Compétences</b>	N/A		●●○○○		La filière française bénéficie de compétences solides issues de l'éolien posé, des secteurs maritimes, naval et offshore. Les projets pilotes et les premiers projets commerciaux contribuent à former et structurer les équipes industrielles et les sous-traitants <sup>(4)</sup> . Toutefois, la montée en puissance des technologies flottantes (plateformes, ancrages dynamiques complexes) reste progressive et pourrait générer des tensions sur les ressources industrielles et les compétences techniques spécifiques.
<b>Économiques</b>	N/A		●●●●○		L'enjeu de compétitivité demeure central pour la filière. Les derniers appels d'offres ont acquis des prix de l'électricité compris entre ~85 et 93 €/MWh hors raccordement pour les parcs méditerranéens <sup>(5)</sup> . En intégrant des coûts de raccordement le coût complet reste globalement cohérent avec les objectifs de 110–120 €/MWh identifiés par RTE en 2022 pour les premiers parcs flottants. La poursuite de la baisse des coûts reposera néanmoins sur les économies d'échelle, la réduction des CAPEX et la structuration industrielle de la filière.
<b>Financières</b>	N/A		●●○○○		La filière bénéficie de mécanismes de soutien publics structurants. De nombreux développeurs se positionnent sur les appels d'offres avec une sécurisation des tarifs d'achat fixes via les appels d'offres. Le financement des projets flottants restera plus cher que les projets posés car plus risqué (à cause de la maturité de la technologie), mais bénéficie tout de même des mécanismes de partage des risques.
<b>Acceptabilité</b>	N/A		●●○○○		L'acceptabilité de l'éolien en mer flottant demeure globalement plus élevée que celle de l'éolien terrestre, avec des procédures de zonage, d'études préalables et de concertation réalisées en amont des appels d'offres. Des points de vigilance subsistent néanmoins localement, notamment sur les enjeux de pêche, de biodiversité, d'installabilité et de co-usage des espaces maritimes.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗		●●○○○		Le cadre réglementaire français progresse avec la régularité des appels d'offres et l'intégration des zones flottantes dans les outils de planification (PPE, documents territoriaux). Cependant, des incertitudes persistent liées aux délais de procédures, aux retards de planification (notamment PPE3), à la complexité des bouclages contractuels et aux risques de contentieux, qui continuent de freiner l'accélération des projets. L'objectif de déploiement de l'éolien en mer à horizon 2050 a été augmenté en 2023 à 45GW au lieu de 40GW.

<sup>(1)</sup> <https://www.rte-france.com/projets/savoir-faire/raccordement-eolien-en-mer#Toutcomprendre>

<sup>(2)</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/eolien-mer>

<sup>(3)</sup> <https://www.journal-eolien.org/les-actus/eolien-flottant-une-maturite-commerciale-avant-2035/>

<sup>(4)</sup> <https://www.fntp.fr/leolien-en-mer/>

<sup>(5)</sup> <https://www.energiesdelamer.eu/2024/12/30/tarifs-ao6-mediterranee/>

# La filière hydrogène reste très dépendante des capacités d'électricité renouvelable disponibles et doit affirmer sa compétitivité économique

## Évolution des barrières au déploiement

		Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●○○○			L'effort politique et stratégique reste orienté vers la production locale, ce qui réduit partiellement l'influence des importations et les dépendances vis-à-vis de certains pays producteurs. Cependant, les incertitudes sur l'approvisionnement en matériaux critiques et la sécurité des chaînes logistiques pour les composants d'électrolyseurs persistent. Les progrès restent limités pour sécuriser totalement l'approvisionnement tout en garantissant la compétitivité industrielle.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●●●○			Les capacités de raccordement, la disponibilité d'électricité et les réseaux de distribution continuent de représenter des freins significatifs au développement de projets. La filière est loin des objectifs initiaux avec seulement quelques dizaines de MW installés et des retards dans la construction. La mise à jour de la stratégie nationale vise 4,5 gigawatts pour 2030 et 8 gigawatts pour 2035 pour l'installation d'électrolyse en France <sup>(1)</sup> , en diminution par rapport à la précédente mais plus réaliste. Elle inclut notamment le développement d'infrastructures de transport intra-hubs pour relier la production aux sites utilisateurs <sup>(2)</sup> . Côté technologie, une première gigafactory d'électrolyseurs (McPhy Energy) a été inaugurée en 2024 et placée en 2025 en liquidation souffrant d'un marché Européen plus lent que prévu. De nouvelles usines sont néanmoins prévues (GEN Hy).
<b>Compétences</b>	N/A	●●●○○			La barrière n'est pas technologique mais industrielle (EPC, MOA, exploitation de grands actifs). Une part croissante des métiers clés est déjà identifiée comme en tension, ce qui pourrait freiner la capacité de déploiement à grande échelle malgré les soutiens publics et les premiers retours d'expérience industriels.
<b>Économiques</b>	N/A	●●●●○			Le coût de production de l'hydrogène bas carbone reste élevé et dépend fortement du prix de l'électricité, ce qui constitue un facteur clé de compétitivité face aux hydrogènes fossiles <sup>(3)</sup> . La stratégie nationale inclut un mécanisme de soutien financier de 4 milliards d'euros pour réduire l'écart de coût <sup>(4)</sup> . Le cahier des charges du premier appel d'offre a été publié en décembre 2025, et propose un soutien pour les lauréats sur les 15 prochaines années <sup>(5)</sup> . La pression internationale sur les prix, notamment via la concurrence chinoise sur les équipements, et les coûts de réseau et de raccordement continuent de peser sur la rentabilité des projets.
<b>Financières</b>	N/A	●●○○○			Les enveloppes financières annoncées pour soutenir la filière ont augmenté (stratégie nationale, appels d'offres, Banque européenne de l'hydrogène), mais restent insuffisantes au regard des besoins cumulés d'investissement pour atteindre les objectifs de capacité installée. Les mécanismes de soutien (complément de rémunération) commencent à se structurer, notamment via des enchères européennes, mais le financement effectivement mobilisable à court et moyen terme demeure inférieur aux besoins industriels. Un écart persiste entre les ambitions affichées et la capacité réelle de financement du déploiement massif de l'électrolyse bas carbone.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●○○○○			Pas d'enjeu d'acceptabilité majeur à ce jour. Mais anticipation d'un risque concernant la sécurité (accident).
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●●●○○			Le cadre réglementaire progresse avec la mise à jour de la stratégie nationale hydrogène, visant à simplifier les procédures, améliorer l'accès au foncier et accélérer les délais de raccordement même si la cible a été abaissée <sup>(6)</sup> . Cependant, l'absence de transposition complète de certains textes européens, notamment la norme RFNBO* issue de RED III pour la certification de l'hydrogène bas carbone, continue de créer des incertitudes pour les porteurs de projets.

<sup>(1)</sup> [https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/09/18/hydrogene-bas-carbone-malgre-les-deboires-les-investissements-se-poursuivent\\_6641746\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/09/18/hydrogene-bas-carbone-malgre-les-deboires-les-investissements-se-poursuivent_6641746_3234.html)

<sup>(2)</sup> <https://www.info.gouv.fr/actualite/strategie-nationale-hydrogene-snh-ii-le-gouvernement-publie-sa-mise-a-jour>

<sup>(3)</sup> <https://cleantechnica.com/2025/06/11/frances-e520-ton-co%E2%82%82-problem-hydrogen-is-too-expensive-for-transport/>

<sup>(4)</sup> <https://www.france-hydrogene.org/magazine/4-milliards-pour-la-production-dhydrogene-decarbone/?cn-reloaded=1>

<sup>(5)</sup> <https://www.entreprises.gouv.fr/espace-presse/hydrogene-decarbone-publication-du-cahier-des-charges-du-premier-appel-doffres>

<sup>(6)</sup> <https://www.info.gouv.fr/actualite/actualisation-de-la-strategie-nationale-hydrogene>

\*RFNBO : Renewable Fuels of Non-Biological Origin

# Malgré une montée en puissance rapide et des avancées réglementaires, le **stockage** ne dispose toujours pas d'un cadre économique pleinement sécurisé

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	● ○ ○ ○ ○		L'approvisionnement ne constitue pas une barrière immédiate pour les projets de stockage stationnaire par batteries. Toutefois, la dépendance européenne aux fabricants asiatiques et américains demeure structurelle, les batteries lithium-ion représentant environ 98 % des systèmes BESS* installés en 2023 <sup>(1)</sup> . La vulnérabilité porte principalement sur l'accès aux matières premières critiques (lithium, nickel, cobalt), dont les marchés restent concentrés.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	● ● ● ○ ○		La capacité installée de stockage par batteries progresse rapidement en France, avec plusieurs centaines de mégawatts supplémentaires raccordés en 2025, estimés autour de 250 à 300 MW sur l'année <sup>(2)</sup> . Cette dynamique marque une accélération nette par rapport à 2022. Néanmoins, les technologies de stockage longue durée restent contraintes : le potentiel additionnel des STEP** demeure limité par les contraintes géographiques et environnementales, et le CAES*** ne connaît pas de développement significatif à grande échelle sur le territoire <sup>(3)</sup> . L'intégration du stockage dans les schémas directeurs des réseaux de transport et de distribution progresse afin d'anticiper l'augmentation des capacités renouvelables intermittentes, mais nécessite encore un renforcement pour accompagner une trajectoire compatible avec plusieurs gigawatts additionnels d'ici 2030 <sup>(4)</sup> . Les procédures d'autorisation restent comparables à celles des actifs de production et peuvent allonger les délais de mise en service.
<b>Compétences</b>	N/A	● ● ○ ○ ○		Les compétences techniques et d'ingénierie liées aux systèmes BESS se structurent progressivement en France, portées par la montée en puissance des développeurs et des intégrateurs. Toutefois, la maîtrise industrielle des cellules et des composants critiques reste majoritairement localisée hors d'Europe. Le développement à grande échelle, notamment pour les technologies longue durée supérieures à 6 heures, nécessitera un renforcement des compétences en ingénierie système, exploitation multi-marchés et gestion des risques industriels.
<b>Économiques</b>	↗	● ● ● ● ○		L'absence de business model long terme stable et d'un cadre tarifaire clair pèse sur l'économie des projets, notamment pour les technologies LDES**** (>6 h). Le marché connaît une croissance rapide mais les modèles économiques demeurent principalement fondés sur des revenus de court terme, issus des services système (marché de capacité et régulation de la fréquence) et de l'arbitrage infra-journalier (revenus qui s'améliorent à mesure que les prix négatifs deviennent plus fréquents). Les CAPEX des batteries lithium-ion ont diminué par rapport à 2022. Néanmoins, des préoccupations existent dans le futur quant à une éventuelle saturation du marché (limites de capacité et d'accumulation des revenus).
<b>Financières</b>	N/A	● ● ● ● ○		Le financement des projets BESS s'organise progressivement autour de finance de projet pour les actifs bénéficiant de revenus identifiables à court et moyen terme. Cependant, les projets de stockage longue durée et les grandes infrastructures de type STEP ou CAES nécessitent des horizons d'investissement supérieurs à 10 ans, alors que la durée moyenne des fonds reste comprise entre 6 et 8 ans. La perception du risque demeure élevée en raison de la volatilité des marchés électriques et du manque de visibilité sur les revenus futurs. Bien que des ajustements réglementaires aient amélioré certaines composantes tarifaires, le marché français reste moins structuré que d'autres pays européens ayant mis en place des mécanismes d'enchères dédiées au stockage (ex: Italie).
<b>Acceptabilité</b>	N/A	● ● ○ ○ ○		Des questions locales (gestion des risques d'incendie pour BESS, durée des travaux pour STEP) peuvent émerger mais l'acceptabilité sociétale n'est pas une barrière majeure nationale.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	● ● ● ○ ○		Le cadre réglementaire européen a évolué avec la réforme du design des marchés de l'électricité, reconnaissant davantage le rôle du stockage dans la stabilité du système (services systèmes, valorisation de la flexibilité, tarifs & enchères...). En France, la transposition complète et opérationnelles est en cours avec certaines évolutions tarifaires, notamment dans le cadre du TURPE 7, améliorent la valorisation des actifs BESS en ajustant la tarification réseau applicable aux installations hybrides consommation-production. En 2025, le mécanisme d'ajustement de RTE s'ouvre aux BESS pour des activations à la hausse et à la baisse, renforçant leur rôle dans l'équilibrage du réseau <sup>(5)</sup> . Cependant, l'absence d'objectifs explicites en matière de stockage dans les PPE est à noter et il manque encore un cadre réglementaire pleinement mature pour intégrer les technologies longues durées (LDES, CAES, STEP) dans les marchés, avec des signaux de prix et des incitations robustes.

<sup>(1)</sup> [https://www.sia-partners.com/system/files/document\\_download/file/2024-06/Sia Partners - Etude sur les batteries stationnaires\\_0.pdf](https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2024-06/Sia Partners - Etude sur les batteries stationnaires_0.pdf)

<sup>(2)</sup> <https://www.batterytechonline.com/stationary-batteries/2025-bess-projects-transforming-energy-storage-across-europe>

<sup>(3)</sup> [https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/energy-storage/key-facts-energy-storage\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/energy-storage/key-facts-energy-storage_en)

<sup>(4)</sup> <https://www.ess-news.com/2026/01/08/french-energy-regulator-on-flexible-grid-connections-connection-queue-for-battery-storage>

<sup>(5)</sup> <https://www.cre.fr/actualites/toute-lactualite/la-cre-approuve-levolution-des-regles-pour-lequilibre-du-systeme-electrique-afin-de-renforcer-lintegration-des-energies-renouvelables-et-de-rendre-les-reseaux-francais-plus-resilients.html>

\*BESS : Battery Energy Storage System

\*\*STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage

\*\*\*CAES : Compressed Air Energy Storage

\*\*\*\*LDES : Long Duration Energy Storage

# Le réseau électrique demeure le facteur limitant central de la transition : sans accélération réseau, toutes les autres filières deviennent théoriques

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●●○○		Les réseaux électriques reposent sur des technologies éprouvées — THT, HTA, infrastructures de smart grids — mais leur développement est aujourd’hui freiné par des contraintes d’approvisionnement en matériaux. La demande sur les matériaux clés, notamment le cuivre et l’aluminium, augmente fortement (volumes nécessaires devraient être multipliés par 2 à 3 fois d’ici 2035 <sup>(1)</sup> ) avec la transition des transports, le développement des renouvelables et l’électrification des réseaux, alors même que ces matériaux restent en partie importés. Ces fragilités sont désormais clairement identifiées comme un risque stratégique, tant au niveau de l’Union européenne que par les gestionnaires de réseaux français, qui intègrent la sécurisation de la chaîne d’approvisionnement parmi leurs priorités.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●●●●		Les besoins de renforcer et de développer rapidement le réseau ont été significativement réévalués à la hausse, sous l’effet de l’électrification des usages. D’autre part, les délais structurels de réalisation restent particulièrement longs en raison de procédures foncières et environnementales qui demeurent complexes et chronophages malgré les efforts de simplification apportés par la loi APER*. Enfin, les congestions locales et les files d’attente pour le raccordement persistent, révélant des capacités d’accueil insuffisantes et un rythme d’adaptation du réseau encore en décalage avec les dynamiques de demande.
<b>Compétences</b>	N/A	●●●●○		Les réseaux électriques font face à une pénurie de compétences clés, signalée par RTE et Enedis, touchant les ingénieurs réseaux, bureaux d’études, techniciens THT ainsi que les experts du digital et de la cybersécurité. La filière devra recruter 43 000 personnes d’ici 2030 <sup>(2)</sup> pour répondre aux besoins liés à l’électrification et à la modernisation des infrastructures. Cette tension est accentuée par une forte concurrence européenne pour les mêmes profils spécialisés.
<b>Économiques</b>	N/A	●●●○○		Certaines solutions de flexibilité — comme le stockage ou le pilotage de la demande — restent encore insuffisamment rentables sans mécanismes de soutien adaptés, ce qui limite leur diffusion à grande échelle. D’autre part, les congestions réseau engendrent des coûts système élevés, des écrêtements de production renouvelable et une perte d’efficacité économique, notamment via les actions correctives coûteuses (redispatching) et la sous-utilisation des capacités d’interconnexion.
<b>Financières</b>	N/A	●●●●●		Malgré des plans d’investissement ambitieux portés par RTE et Enedis, la filière fait face à des contraintes financières majeures. Les besoins atteignent des volumes d’investissement sans précédent. Ces montants exercent une pression croissante sur le TURPE, dont les hausses nécessaires (+7,7% en février 2025 <sup>(3)</sup> ) pour financer les réseaux soulèvent des enjeux d’acceptabilité tarifaire pour les consommateurs. Par ailleurs, même si l’UE et la BEI** soutiennent le financement des infrastructures, un écart persistant demeure entre les besoins identifiés et les financements effectivement mobilisés.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●●●○○		Le déploiement des infrastructures électriques se heurte à une forte sensibilité locale, marquée par des contestations liées à l’implantation de lignes aériennes, à l’emprise foncière et aux impacts paysagers, motifs fréquemment invoqués dans les oppositions aux projets d’aménagement. Les échanges menés dans le cadre des débats publics organisés par RTE, notamment à partir de 2025, mettent également en évidence la forte vigilance des territoires et la nécessité d’une concertation approfondie autour des projets de réseau.
<b>législatives et réglementaires</b>	N/A	●●●○○		Bien que la loi APER** et les décrets publiés en 2025 aient introduit des simplifications des procédures de raccordement ainsi que des dérogations environnementales ciblées, ces avancées ne suffisent pas à lever les contraintes structurelles. Les délais administratifs demeurent largement incompatibles avec le rythme nécessaire de l’électrification des usages, tandis que la planification territoriale multi-usages reste fragmentée, rendant complexe la coordination entre équipements énergétiques, foncier, mobilité et aménagement local.

<sup>(1)</sup> <https://www.agefi.fr/news/economie-marches/les-tension-sur-le-cuivre-ont-vocation-a-durer>

<sup>(2)</sup> <https://www.enedis.fr/presse/etude-emplois-competences-43-000-recrutements-pour-la-filiere-des-reseaux-electriques-dici>

<sup>(3)</sup> <https://www.edf-solutions-solaires.com/guide-solaire/turpe/>

\*APER : Accélération de la Production des Énergies Renouvelables

\*\*BEI : Banque Européenne d’Investissement

# Les barrières économiques des **réseaux de chaleur et de froid** se sont atténuées en 2025 grâce à des tarifs compétitifs qui repose fortement sur la stabilité du Fonds Chaleur

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●○○○		Les réseaux de chaleur disposent aujourd’hui d’un approvisionnement plus diversifié, ce qui limite une partie des contraintes liées aux combustibles. Cependant, la montée en puissance de la chaleur renouvelable — 75 à 80 % visés d’ici 2030–2035 prévus par le projet de Programmation Pluriannuelle de l’Énergie PPE 3 <sup>(1)</sup> — dépend encore de la structuration de ressources locales comme la biomasse et la chaleur fatale, créant des tensions d’approvisionnement persistantes <sup>(2)(3)</sup> .
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●○○○		Les réseaux de chaleur disposent en 2024 d’une puissance thermique de 27,1 GW en France continentale, en hausse de 7 % par rapport à 2023 <sup>(4)</sup> . Le développement des réseaux de chaleur reste freiné par des raccordements souvent complexes, ainsi que par des contraintes d’aménagement et de voirie <sup>(5)</sup> . A cela s’ajoute la multiplicité des concessionnaires de réseaux, rendant les études et les procédures plus lourdes <sup>(3)</sup> .
<b>Compétences</b>	N/A	●●○○○		Les réseaux de chaleur et de froid disposent toujours d’un socle de compétences solide, mais un renforcement ciblé devient nécessaire. Des tensions émergent sur plusieurs métiers clés, notamment l’ingénierie de réseaux complexes, les études de faisabilité et l’exploitation de systèmes hybrides <sup>(6)</sup> .
<b>Économiques</b>	↗	●●●○○		Les réseaux de chaleur et de froid bénéficient d’une dynamique économique plus favorable grâce à: la croissance de la chaleur livrée et du nombre de raccordés (+7% de puissance thermique livrée en 2024 vs 2023) <sup>(7)</sup> , la compétitivité accrue face au gaz et l’essor de solutions hybrides renouvelables. De plus, le raccordement à un réseau de chaleur garantit des tarifs compétitifs et moins fluctuants que ceux des énergies purement fossiles: TVA à 5.5 % pour tous les réseaux alimentés plus de 50 % par des énergies renouvelables et de récupération <sup>(8)</sup> . Cependant, ces réseaux restent freinés par des investissements initiaux élevés et une rentabilité difficile à évaluer selon les contextes locaux.
<b>Financières</b>	N/A	●●●○○		Bien que la filière soit en pleine croissance, son développement repose encore fortement sur les subventions publiques, en particulier le Fonds Chaleur géré par l’ADEME et dont les fonds ont augmenté jusqu’à 800M€ en 2025 <sup>(3)</sup> , ainsi que sur d’autres mécanismes de soutien (Coup de pouce chaleur, taux de TVA réduit, ...). La nécessaire extension de ces dispositifs au froid renouvelable et l’adaptation des mécanismes existants restent des points de vigilance.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	○○○○○		Pas de frein majeur concernant l’acceptabilité. Les réseaux de chaleur et de froid pâtissent d’une visibilité plus faible que les autres réseaux (électrification) et de la concurrence des solutions décentralisées.
<b>législatives et réglementaires</b>	N/A	●●○○○		Le classement des réseaux de chaleur et de froid structure les périmètres d’extension et d’obligation de raccordement, facilitant ainsi leur déploiement. En revanche, la taxonomie européenne appliquée au froid renouvelable reste insuffisamment clarifiée, ce qui peut freiner certains projets. La procédure de classement d’un réseau de chaleur ou de froid (outil de planification territoriale) a été amélioré instaurant un classement automatique pour les réseaux de service public respectant certains critères. En 2024, 617 réseaux sont classés, face à 24 réseaux uniquement en 2017 <sup>(9)</sup> .

<sup>(1)</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie/fr/17-reseaux-de-chaleur?utm>

<sup>(2)</sup> <https://www.manergy.fr/blog/reseaux-de-chaleur-2030-decouvrez-le-potentiel-de-developpement-de-la-chaleur-durable-au-sein-de-votre-ville/>

<sup>(3)</sup> <https://fedene.fr/ressource/une-annee-record-pour-les-livraisons-de-chaleur-par-reseaux-et-une-dynamique-remarquable-pour-les-reseaux-de-froid/?utm>

<sup>(4)</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-reseaux-de-chaleur-et-froid-en-2024-0>

<sup>(5)</sup> <https://fedene.fr/wp-content/uploads/2025/10/Synthese-Rapport-EARCF-2025.pdf>

<sup>(6)</sup> <https://mondetravail.fr/technicien-reseaux-chaleur-metier/>

<sup>(7)</sup> [https://www.unpi.org/files/Etude\\_UNPI\\_-\\_RCU\\_-\\_juin\\_2025.pdf](https://www.unpi.org/files/Etude_UNPI_-_RCU_-_juin_2025.pdf)

<sup>(8)</sup> <https://france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr/ressources/avantages>

<sup>(9)</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-reseaux-de-chaleur-et-froid-en-2024-0>

# Portés par la RE2020 et un cadre plus structurant, les **bétons biosourcés** restent contraints par une normalisation incomplète et une industrialisation encore limitée

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●○○○		Les risques de conflits d'usage agricoles persistent si les cultures sont intensifiées sans coordination claire entre filière alimentaire et filière matériaux biosourcés. L'accès aux matières premières reste globalement garanti sur le territoire grâce à la diversification des sources (chanvre, miscanthus, lin), mais la sécurité de l'approvisionnement dépend encore de la structuration de la filière agricole et de la mobilisation des coopératives locales.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●○○○		De nouvelles unités de production et chaînes locales de transformation de fibres et granulats biosourcés ont été mises en place, ce qui améliore l'accessibilité au matériau <sup>(1)</sup> . Toutefois, ces chaînes restent moins matures que celles du béton minéral classique et la disponibilité à grande échelle n'est pas encore assurée. Le déploiement industriel reste concentré sur quelques régions pilotes, nécessitant un renforcement des infrastructures logistiques et des capacités de stockage.
<b>Compétences</b>	N/A	●●●○○		La nécessité de former les architectes, maîtres d'œuvre, bureaux d'études et entreprises persiste, avec un accent sur les techniques spécifiques aux bétons biosourcés <sup>(2)</sup> . Quelques programmes de formation spécialisés ont été lancés, mais l'offre de formation reste fragmentée et insuffisamment structurée pour répondre à une montée en puissance nationale. La reconversion des métiers du béton traditionnel vers les filières biosourcées reste un enjeu majeur pour sécuriser les compétences.
<b>Économiques</b>	N/A	●●○○○		Un frein persistant au développement des produits biosourcés reste le coût de production <sup>(3)</sup> . Toutefois, la RE2020 valorise le carbone stocké, ce qui favorise leur adoption dans de nombreux projets <sup>(4)</sup> . Les propriétés thermiques et hygrothermiques des bétons biosourcés contribuent à une réduction indirecte des coûts d'exploitation grâce à des économies de chauffage et de climatisation, renforçant l'argument économique pour les maîtres d'ouvrage et les investisseurs <sup>(5)</sup> .
<b>Financières</b>	↗	●●●○○		Les dispositifs de financement se sont multipliés et se structurent davantage autour des projets de décarbonation et de transition bas carbone. Les appels à projets et plans de financement publics intègrent maintenant des critères de performance carbone et valorisent l'usage de matériaux biosourcés <sup>(1)</sup> . Le signal du marché devient plus fort, avec un accès facilité aux financements pour des projets respectant la RE2020 et les exigences de labels environnementaux, créant des conditions plus favorables à l'industrialisation des solutions biosourcées <sup>(2)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●○○○○		L'acceptation des bétons biosourcés progresse, portée par la communication sur les performances thermiques, acoustiques et de confort. Les architectes et maîtres d'ouvrage sont progressivement plus ouverts à leur adoption, mais l'écart avec le béton classique reste notable. La sensibilisation aux nouvelles pratiques et la démonstration des bénéfices restent indispensables pour franchir les réticences, en particulier sur les chantiers à forte exigence technique.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●●●●○		La norme RE2020 impose désormais des seuils carbone plus stricts <sup>(2)</sup> et intègre des critères sur le carbone stocké, favorisant l'usage des matériaux biosourcés. Le label « Bâtiment Biosourcé » a été révisé en 2024 pour s'aligner avec ces exigences. De nouvelles règles professionnelles pour certains types de bétons biosourcés ont été publiées en 2024 <sup>(1)</sup> , facilitant leur utilisation et accélérant la structuration de la filière. Cependant, il n'existe toujours pas de normes complètes et harmonisées pour tous les types de bétons biosourcés <sup>(6)</sup> , maintenant la nécessité de recourir à des ATEX ou ATec, et l'assurabilité reste conditionnée à la reconnaissance officielle comme technique courante <sup>(7)</sup> . Le cadre européen reste fragmenté, limitant l'exportabilité et la commercialisation internationale.

<sup>(1)</sup> <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/newsletters/biosourcons/tour-france-biosources-2eme-etape-bayonne-paris-biosourcons>

<sup>(2)</sup> <https://www.etude-bet.fr/news/2026/materiaux-biosources-re2020.php>

<sup>(3)</sup> <https://infos.ademe.fr/industrie-production-durable/2025/produits-biosources-un-marche-en-pleine-mutation/>

<sup>(4)</sup> <https://www.batirama.com/article/77211-re2020-au-1er-janvier-2025-les-exigences-environnementales-seront-renforcees.html>

<sup>(5)</sup> [https://programme-cee-actee.fr/wp-content/uploads/2025/04/Depliant\\_biosources\\_WebV-1.pdf](https://programme-cee-actee.fr/wp-content/uploads/2025/04/Depliant_biosources_WebV-1.pdf)

<sup>(6)</sup> <https://www.lemoniteur.fr/article/le-beton-vegetal-une-alternative-biosourcee-en-structuration.2329307>

<sup>(7)</sup> <https://www.ffbatiment.fr/actualites-batiment/actualite-bam/betons-biosources-en-marche-vers-la-certification>

# Montée en puissance des **clinkers alternatifs** grâce à la mise en place d'un cadre réglementaire précis

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	● ○ ○ ○ ○		Alternatives au clinker : pas de freins identifiés concernant l'accès aux matières premières. CCUS : enjeu de traiter le sujet hors du secteur du ciment pour développer les usages industriels et au niveau européen pour accroître la capacité de stockage.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	● ● ● ○ ○		Les technologies CCUS en France demeurent freinées par l'absence d'infrastructures de transport de CO2, un besoin de régulation et de planification nationale du transport, et la nécessité de caractériser et développer les capacités de stockage. La DGEC* a publié en 2025 une première estimation des capacités de stockage pour les CCUS: 1,1 Gt en structures fermées et 3,6 Gt hors pièges <sup>(1)</sup> .
<b>Compétences</b>	N/A	● ● ○ ○ ○		Les compétences sur les procédés cimentiers et formulations bas carbone progressent, avec une adoption accrue des pratiques de substitution du clinker chez les industriels. Pour les CCUS, la filière ciment reste à renforcer en compétences spécialisées (captage aux points sources, gestion de réseau CO2, opérations de stockage assureurs / risques), mais les bases techniques existent (procédés de captage en entreprise lourde) <sup>(2)</sup> .
<b>Économiques</b>	N/A	● ● ● ○ ○		Alternatives au clinker : Le ciment classique reste difficile à concurrencer car il coûte environ 50-60% moins que les alternatives bas carbone <sup>(3)</sup> , mais la hausse du coût du carbone pousse vers des solutions bas carbone. La taxation sur les quotas carbone et la suppression des quotas gratuits contraint la filière à se décarboner rapidement (Prix du quota à environ 80 €/tCO2e en aout 2025) <sup>(4)(5)</sup> . CCUS : problème de scalabilité persistant et des coûts du captage qui engendre un coût supplémentaire. Le modèle économique est encore en développement et dépend fortement du financement public et du développement des réseaux.
<b>Financières</b>	N/A	● ● ● ● ○		Les investissements nécessaires pour des lignes alternatives au clinker ou pour des modules CCUS sont très élevés : projets de l'ordre de centaines de millions d'euros par site, et plusieurs milliards au niveau national selon les feuilles de route de filière <sup>(6)(7)</sup> . Les mécanismes actuels (subventions, aides UE ou France 2030) existent mais ne suffisent pas à couvrir la majorité des coûts d'investissement pour industrialiser le CCUS à grande échelle. L'Innovation fund européen incluant des fonds de financement pour les industries énérgo-intensives et du CCUS a augmenté pour couvrir 40 milliards d'euros sur la période 2020-2030 <sup>(8)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A	● ● ○ ○ ○		Alternatives au clinker: l'acceptabilité dépend toujours de la performance technique et des habitudes de chantier, mais en général ces ciments bas carbone sont bien acceptés si leurs performances sont équivalentes. CCUS : la perception locale pose encore des enjeux d'acceptabilité sociale, surtout si les sites de stockage sont en zones habitées ou sensibles.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	● ● ● ○ ○		Le contexte réglementaire a progressé en Europe : révision depuis 2022 des normes ciment (NF EN 197-5) et adoption de nouvelles catégories de ciments bas carbone (ex : CEM II avec teneur réduite en clinker) <sup>(9)</sup> . Par ailleurs, la France a structuré en 2024 sa première stratégie nationale CCUS avec pour premier jalon le captage de 4 à 8 MtCO2/an en 2030. La filière a revu à la hausse les ambitions moyen terme fixées: Engagement européen et SNBC** pour l'industrie (projet 2024) renforcés avec -50% des émissions de l'UE en 2030 vs 1990, de même pour la feuille de route de décarbonation de la filière ciment (SFIC) avec une ambition relevée vers -50 % en 2030 et -81 % en 2050 <sup>(5)(10)</sup> .

<sup>(1)</sup> <https://www.ademe.fr/presse/communique-national/publication-du-potentiel-technique-de-stockage-de-co2-sur-le-territoire-francais/>

<sup>(2)</sup> <https://www.infociments.fr/feuille-de-route-de-decarbonation-lindustrie-cimentiere-tient-ses-objectifs-et-entend-poursuivre-ses-actions>

<sup>(3)</sup> <https://www.batiweb.com/actualites/developpement-durable/beton-bas-carbone-solutions-durables-projets-46399>

<sup>(4)</sup> <https://afen.fr/actualite/le-systeme-europeen-dechange-de-quotas-demission-eu-ets-pilier-de-la-politique-climatique-europeenne-et-levier-strategique-pour-lelimination-du-carbone/>

<sup>(5)</sup> <https://concertation-strategie-energie-climat.gouv.fr/les-grands-enjeux-de-la-snbc-3>

<sup>(6)</sup> [https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Rapports\\_et\\_etudes/2024/Rapport\\_CCUS\\_CRE.pdf](https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Rapports_et_etudes/2024/Rapport_CCUS_CRE.pdf)

<sup>(7)</sup> <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Actualites/2024/etat-des-lieux-et-perspectives-de-deploiement-du-ccus-en-france.pdf>

<sup>(8)</sup> [https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/innovation-fund\\_en](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/innovation-fund_en)

<sup>(9)</sup> <https://www.infociments.fr/ciments/la-norme-ciments-bas-carbone-la-nf-en-197-5-disponible-le-011021#:~:text=La%20norme%20europ%C3%A9enne%20NF%20EN,Portland%20compos%C3%A9%20CEM%20II%2FC%2DM>

<sup>(10)</sup> <https://www.batiweb.com/actualites/developpement-durable/beton-bas-carbone-solutions-durables-projets-46399>

\*DGEC : Direction Générale de l'Énergie et du Climat

\*\*SNBC : Stratégie Nationale Bas Carbone

# En 2026, l'acier décarboné n'est plus un stress-test : c'est une équation industrielle à résoudre sous contrainte de compétitivité

## Évolution des barrières au déploiement

		Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A		●●●●○		Le procédé DRI requiert des minerais de fer à haute teneur dont la disponibilité mondiale demeure contrainte et concentrée géographiquement (Brésil, Australie, Moyen-Orient), ce qui expose les projets européens à un risque d'approvisionnement structurel. En Europe, les ressources locales restent insuffisantes pour couvrir les besoins projetés à horizon 2030–2035. Par ailleurs, l'accès à l'hydrogène bas-carbone demeure le principal verrou industriel. Les technologies DRI-H <sub>2</sub> restent majoritairement sous licence d'acteurs internationaux (Midrex, Tenova), ce qui limite l'autonomie technologique française <sup>(1)(2)</sup> .
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	↗		●●○○○		Les capacités de développement progressent : les projets DRI-EAF annoncés par ArcelorMittal (Dunkerque avec l'inauguration de 3/5 lignes en décembre 2025, et Fos-sur-Mer) avancent mais connaissent des ajustements calendaires liés à la visibilité sur les prix de l'énergie et de l'hydrogène décarboné. GravitHy rencontre les mêmes freins et n'a pas encore obtenue sa décision finale d'investissement <sup>(2)(3)</sup> .
<b>Compétences</b>	N/A		●●●○○		La transformation de la filière s'accélère avec une mutation vers des métiers électro-intensifs, hydrogène et numériques, impliquant une montée en compétences sur le pilotage avancé des procédés et l'industrie 4.0. Les départs massifs à la retraite se poursuivent et imposent toujours plusieurs centaines de recrutements annuels en France pour stabiliser les effectifs, dans un contexte de tension sur les profils techniques <sup>(4)(5)</sup> .
<b>Économiques</b>	N/A		●●●○○		En France, l'acier bas-carbone conserve un surcoût estimé entre 80 et 150 € par tonne selon les hypothèses de prix de l'énergie et de l'hydrogène. Toutefois, le différentiel tend à se réduire grâce au niveau élevé du prix du carbone européen (autour de 80–100 €/tCO <sub>2</sub> ) et à la mise en place progressive du CBAM (voir la section législatives et réglementaires ci-dessous). Le mix électrique français, majoritairement nucléaire, constitue un avantage compétitif structurel par rapport à d'autres pays européens dépendants du gaz. Néanmoins, la viabilité économique reste très sensible à la volatilité des prix de l'électricité observée depuis 2022 et à la disponibilité et au coût lié de l'hydrogène bas carbone. La demande française en acier bas-carbone progresse, notamment dans l'automobile et la construction, mais demeure concentrée sur quelques grands donneurs d'ordre capables d'absorber un premium <sup>(6)(4)</sup> .
<b>Financières</b>	N/A		●●○○○		Le soutien public français s'est renforcé via France 2030 et les aides validées par la Commission européenne, réduisant significativement le risque d'investissement initial pour les grands projets industriels (ex: ArcelorMittal). Cependant, seuls 2-3 grands acteurs ou consortium d'acteurs (GravitHy) peuvent porter les Capex (pouvant être supérieur à 1 milliard d'euro pour 1 site) excluant les PME et les sidérurgistes intermédiaires de cette transformation de filière <sup>(5)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A		○○○○○		La décarbonation de la sidérurgie bénéficie d'une perception globalement positive, notamment dans les bassins industriels historiquement dépendants de l'acier. Les projets sont perçus comme un levier de maintien de l'emploi industriel, de souveraineté et de transition climatique <sup>(3)</sup> .
<b>législatives et réglementaires</b>	↗		●●○○○		Le cadre réglementaire français évolue dans un environnement européen devenu structurant pour la compétitivité de la sidérurgie nationale face aux défis de décarbonation, mais reste partiellement incomplet pour garantir une compétitivité durable et une demande pérenne. Le CBAM (« Carbon Border Adjustment Mechanism ») est entré en phase transitoire et la réduction progressive des quotas gratuits dans l'EU ETS modifie durablement le coût relatif entre production domestique bas-carbone et importations carbonées. En mars 2025, la Commission européenne a présenté un plan d'action pour une sidérurgie compétitive et décarbonée visant à sécuriser l'investissement industriel, limiter les risques de fuite de carbone et soutenir la demande en acier bas-carbone. La norme RE2020 soutient indirectement la demande dans la construction et la commande publique constitue un levier potentiel, mais l'absence de seuils obligatoires généralisés d'intégration d'acier bas-carbone dans les secteurs aval limite encore la création d'un marché domestique massif. La mise en place du nouveau cadre réglementaire européen ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) pourrait intégrer des produits tels que l'acier et ainsi contribuer à la formation de "lead markets" <sup>(6)(1)</sup> .

<sup>(1)</sup> <https://www.vie-publique.fr/en-bref/297871-commission-europeenne-un-plan-acier-et-metaux-pour-aider-lindustrie>

<sup>(2)</sup> <https://www.lesechos.fr/industrie-services/industrie-lourde/avec-le-plan-acier-arcelormittal-envisage-lavenir-de-la-siderurgie-europeenne-plus-sereinement-2214290>

<sup>(3)</sup> <https://www.lesechos.fr/industrie-services/industrie-lourde/loin-des-tumultes-politiques-arcelormittal-peaufine-sa-production-des-aciers-du-futur-a-mardyck-2202331>




<sup>(4)</sup> <https://www.strategie-plan.gouv.fr/decarboner-lacier-quel-cout>

<sup>(5)</sup> <https://www.strategie-plan.gouv.fr/publications/decarbonation-de-lacier-metaux-de-base-envoyons-bons-signaux>

<sup>(6)</sup> <https://www.economie.gouv.fr/actualites/siderurgie-la-commission-europeenne-propose-un-mecanisme-de-protection-contre-les>

# Une compétition accrue aux intrants de qualité complexifiant davantage le recours aux **combustibles alternatifs**

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>		● ● ● ● ○		La biomasse ne peut plus être considérée comme une ressource naturellement abondante. L'approvisionnement en combustibles alternatifs est freiné par une forte concurrence entre usages de la biomasse, qu'il s'agisse du bois matériau, des besoins agronomiques, de la méthanisation ou des CSR*, entraînant une tension croissante sur la ressource <sup>(1)</sup> . Les exigences accrues de durabilité – traçabilité, gestion forestière responsable et ancrage local – limitent encore davantage les volumes mobilisables. Les CSR présentent une qualité variable et dépendent fortement de l'efficacité des filières de collecte et de tri.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	● ● ○ ○ ○		Même si les grandes installations sont désormais techniquement matures, les carburants alternatifs restent limités par plusieurs contraintes : leur déploiement se heurte à des besoins importants de stockage, à une logistique lourde et à une faible standardisation entre sites.
<b>Compétences</b>	N/A	● ○ ○ ○ ○		Les compétences industrielles restent disponibles : exploitation chaudières, systèmes de combustion, contrôle émissions. Connaissances bien diffusées dans l'industrie <sup>(2)</sup> .
<b>Économiques</b>		● ● ● ○ ○		La compétitivité des combustibles alternatifs s'est dégradée en 2024-2025, sous l'effet du repli des prix du gaz et du maintien de coûts élevés pour certaines biomasses, comme le bois en 2023, rendant leur proposition de valeur moins attractive.
<b>Financières</b>	N/A	● ○ ○ ○ ○		Les différents projets restent financiables, notamment pour les grands industriels grâce au soutien public maintenu: BCIAT** 2025 (subventions pouvant dépasser 30 M€), dispositifs de l'ADEME (Fonds chaleur, chaleur bas carbone), appels d'offres de la CRE (Commission régulation de l'énergie) pour la cogénération biomasse, TVA réduite à 5,5% pour les réseaux de chaleur alimentés à >50% d'énergie renouvelable <sup>(3)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A	● ○ ○ ○ ○		Sujet de la filtration des fumées qui représente encore un frein à l'acceptabilité (sujet intrinsèque aux combustibles, qu'ils soient fossiles ou alternatifs).
<b>législatives et réglementaires</b>		● ● ● ○ ○		Un renforcement des exigences : qualité des intrants, contrôles d'émissions, cohérence avec la SNBC*** 3 (publiée en décembre 2025: -50% d'émissions territoriales brutes d'ici 2030 par rapport à 1990 en plus de mesures sectorielles plus strictes) <sup>(4)</sup> . L'UE renforce progressivement les exigences en matière de biomasse durable, notamment via les directives RED II / RED III et les cadres d'analyse pour les CSR et les intrants biomasse (traçabilité, analyse, fraction biosourcée). Par ailleurs, le Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières (MACF / CBAM****) a été lancé en phase de transition en octobre 2023 <sup>(5)</sup> , avec une montée en charge progressive jusqu'en 2026-2034. Il vise explicitement à mettre sur un pied d'égalité les importateurs et les industriels européens soumis au SEQE.

<sup>(1)</sup> <https://lemediadelinvestisseur.fr/actualite/secteur-bois-energie>

<sup>(2)</sup> <https://librairie.ademe.fr/energies/3511-3526-evaluation-technico-economique-des-systemes-de-reduction-des-emissions-de-particules-des-chaudieres-biomasse.html>

<sup>(3)</sup> <https://www.epsa.com/fr/actualite/bciat-2025-un-appel-a-projets-strategique-pour-financer-vos-investissements-industriels-en-biomasse/>

<sup>(4)</sup> <https://www.citepa.org/ultime-consultation-pour-la-finalisation-de-la-troisieme-strategie-nationale-bas-carbone-snbc-3/>

<sup>(5)</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/mecanisme-dajustement-carbone-aux-frontieres-macf>

\*CSR : Combustibles Solides de Récupération

\*\*SBCIAT : Biomasse Chaleur Industrie Agriculture Tertiaire

\*\*\*SNBC : Stratégie Nationale Bas Carbone

\*\*\*\*CBAM : Carbon Border Adjustment Mechanism

# Le recyclage chimique doit encore faire ses preuves en termes d'économies avant sa mise à l'échelle

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>		●●●●○		Les déchets plastiques deviennent de plus en plus disputés entre le recyclage chimique (pyrolyse, dépolymérisation) qui monte en puissance et le recyclage mécanique. Ceci est aggravée par un taux de recyclage des plastiques encore faible en France, autour de 27 % <sup>(1)</sup> , loin des objectifs européens, ce qui limite l'accès à des volumes suffisants et assez purs pour alimenter les nouvelles unités industrielles. Par ailleurs, certains types de déchets ne sont pas suffisamment valorisés, en particulier les textiles, qui contiennent des fibres plastiques.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●●○○		La filière connaît une multiplication des unités en Europe, avec 15 sites déjà actifs et 31 supplémentaires annoncés d'ici 2028 <sup>(2)</sup> . Cependant, sa montée en puissance est freinée par la crise pétrochimique, qui a entraîné des ralentissements et annulations de projets. Malgré un soutien public désormais clairement orienté vers l'industrialisation, la filière reste contrainte par des délais d'autorisation longs et des intégrations complexes dans des structures pétrochimiques existantes (raffineries et steam crackers). Enfin, la capacité de développement du recyclage chimique dépend de la disponibilité de déchets plastiques non recyclables mécaniquement.
<b>Compétences</b>	N/A	●○○○○		Aucune tension sur les compétences n'est identifiée à ce stade.
<b>Économiques</b>		●●●○○		Le recyclage chimique reste plus coûteux que le recyclage mécanique: environ 5 fois supérieurs <sup>(3)</sup> . Sa rentabilité est fragile, fortement exposée à la volatilité des prix pétrochimiques, qui a déjà entraîné des ralentissements et annulations de projets récemment comme par exemple le projet Ineos à Wingles <sup>(4)</sup> . Une tension économique est perçue sur l'offre disponible en raison d'une pression réglementaire croissante (obligations de contenu recyclé, éco modulations EPR, bonus-malus <sup>(5)</sup> ) qui engendre une augmentation de la demande surtout par les grandes marques (FMCG, automobile).
<b>Financières</b>		●○○○○		La situation s'améliore nettement grâce à l'autorisation par la Commission européenne d'un financement de 500 M€ pour accélérer le développement du recyclage chimique en France <sup>(2)</sup> . Pour autant, les premières installations industrielles ne sont pas encore déployées à grande échelle, ce qui explique les coûts d'investissements importants.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●●●○○		L'acceptabilité du recyclage chimique reste globalement favorable, aucune alerte majeure n'ayant été soulevée. Des réserves persistent autour du contact alimentaire avec la sécurité des matériaux recyclés faisant encore l'objet de discussions et d'évaluations au sein de l'UE <sup>(6)</sup> .
<b>législatives et réglementaires</b>	N/A	●●●●○		Le cadre législatif évolue grâce à un soutien public qui explicite une intégration croissante dans les stratégies européennes. Toutefois, le recyclage chimique n'est pas clairement reconnu dans les objectifs nationaux, notamment dans la Stratégie 3R et la loi AGEC*, qui définissent des cibles de réduction, réemploi et recyclage sans mention spécifique de cette technologie.

<sup>(1)</sup> <https://www.assises-dechets.org/actualites/12903-500-millions-deuros-pour-industrialiser-le-recyclage-chimique-des-plastiques-en-france/>

<sup>(2)</sup> <https://www.qfp.asso.fr/recyclage-chimique-des-plastiques-un-developpement-prometteur-freine-par-des-incertitudes-reglementaires/>

<sup>(3)</sup> <https://circularplace.fr/recyclage-chimique-vs-mecanique-le-bilan-2024-en-chiffres/>

<sup>(4)</sup> <https://vert.eco/articles/tout-comprendre-au-recyclage-chimique-cette-solution-a-la-pollution-plastique-aux-airs-de-mirage-ecologique>

<sup>(5)</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000052201296>

<sup>(6)</sup> <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/plastics-and-plastic-recycling>

# Une **priorité nationale** toujours soutenue par de nombreux dispositifs face à des barrières économiques croissantes

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●●○○		L'approvisionnement reste sous tension malgré la stabilisation des coûts de matériaux en 2024 (-2 % après +31 % entre 2020 et 2023) <sup>(1)</sup> . Les matériaux critiques demeurent volatils, avec un acier encore fluctuant et des pénuries persistantes sur les équipements électriques et d'automatisation essentiels aux systèmes BACS*. Parallèlement, la filière biosourcée enregistre une croissance très forte (+95 % en volume depuis 2016) <sup>(2)</sup> , portée par la demande générée par la RE2020**.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●●●●		Les capacités industrielles peinent à suivre le rythme des besoins : malgré des filières biosourcées désormais structurées, disposant d'environ 60 M m <sup>2</sup> de capacité annuelle et ne mobilisant que 2 % du gisement national <sup>(2)</sup> , l'élargissement de la RE2020 en 2026 à de nombreuses nouvelles typologies tertiaires (crèches, conservatoires, hôpitaux, gymnases, etc.) impose une accélération rapide de l'appareil industriel pour absorber la demande croissante de rénovation. Parallèlement, la préfabrication modulaire progresse mais demeure insuffisamment standardisée et encore limitée en capacités, freinant son déploiement massif dans la rénovation tertiaire. Le hors-site (préfabrication d'éléments 2D (panneaux), modules volumétriques 3D, micro-usines de composants, ...) reste minoritaire avec environ 1% du marché <sup>(3)</sup> .
<b>Compétences</b>	N/A	●●●○○		Malgré des efforts accrus de formation portés nationalement et en régions, le secteur fait face à un turn-over important et à des tensions persistantes sur les profils spécialisés, en particulier en ingénierie énergétique, AMO technique et commissioning, métiers déjà touchés par les difficultés de recrutement observées dans l'ensemble du bâtiment <sup>(4)</sup> .
<b>Économiques</b>	↘	●●●●○		Les rénovations tertiaires sont freinées par un CAPEX en hausse et un ROI dégradé, sous l'effet de l'inflation persistante sur les matériaux de construction et de la variabilité durable sur les prix de l'énergie depuis la crise post-2022. À cela s'ajoute le problème structurel bailleur/preneur, qui décourage l'investissement lorsque le bailleur finance les travaux mais que le preneur capte les économies d'énergie. Enfin, les investissements tertiaires ont reculé de 8 % entre 2022 et 2024 <sup>(5)</sup> , signe d'une rentabilité perçue en détérioration pour les acteurs du secteur.
<b>Financières</b>	N/A	●●●○○		Les rénovations tertiaires sont soutenues par des dispositifs d'aides multiples mais complexes (MaPrimeRénov', éco-PTZ), alors que 78 % des propriétaires citent comme premier frein la difficulté d'accès aux aides, dont 41 % peinent à les obtenir et 37 % à trouver des artisans disponibles. Par ailleurs, les besoins d'investissements pour les rénovations énergétiques du tertiaire vont fortement croître d'ici 2030, nécessitant un soutien public massif pour atteindre les niveaux requis selon I4CE***/ADEME <sup>(6)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A	○○○○○		L'acceptabilité ne constitue pas une barrière au déploiement de la rénovation profonde des bâtiments tertiaires.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●●●○○		Le décret tertiaire limitant les consommations énergétiques des bâtiments s'est fortement précisé entre 2022 et 2025, via l'arrivée de nouvelles obligations et contrôles en 2025, rendant le dispositif plus opérationnel et mieux défini (plateforme OPERAT**** enrichie, fin de période de tolérance, obligations de résultats, élargissement BACS) <sup>(7)</sup> . Le cadre législatif reste marqué par un empilement de normes et des responsabilités encore insuffisamment définies entre propriétaires, bailleurs et locataires.

<sup>(1)</sup> <https://batizoom.ademe.fr/indicateurs/indice-des-couts-des-materiaux-dans-la-construction-de-batiments>  
<sup>(2)</sup> <https://www.batiment-biosource.fr/wp-content/uploads/2025/03/2025-03-26-CP-AICB-Barometre-materiaux-biosources.pdf>  
<sup>(3)</sup> <https://construction.bureauveritas.fr/magazine/construction-modulaire-hors-site-vers-une-industrialisation-responsable-du-batiment>

<sup>(4)</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8566221?sommaire=8354877>  
<sup>(5)</sup> <https://batizoom.ademe.fr/chiffres-cles/renovation-energetique-tertiaire>  
<sup>(6)</sup> <https://www.fbf.fr/fr/communiqu%C3%A9-de-presse/etude-exclusive-2025-sur-les-travaux-de-renovation-energetique-des-propr%C3%A9taires-la-publication-du-deuxieme-barometre-confirme-les-enseignements-de-2023/>  
<sup>(7)</sup> <https://www.cushmanwakefield.com/fr-fr/france/insights/decret-tertiaire-2025>

\*BACS : Building Automation & Control Systems  
 \*\*RE2020 : Réglementation Environnementale  
 \*\*\*I4CE : Institute for Climate Economics  
 \*\*\*\*OPERAT : Observatoire de la Performance Énergétique, de la Rénovation et des Actions du Tertiaire

# Pour les **pompes à chaleur**, des progrès structurels marqués malgré une chute de la demande et l'instabilité des dispositifs d'aide

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	↘	●●●○○		La chute des ventes en 2024-2025 met en évidence une forte dépendance aux importations asiatiques, estimées à environ 30 - 40 % du marché <sup>(1)</sup> , ce qui fragilise l'approvisionnement dans un contexte de ralentissement du neuf. La capacité industrielle française, limitée à environ 350 000 unités par an <sup>(1)</sup> , reste inférieure à l'objectif national d'un million de pompes à chaleur produites en 2027 <sup>(2)</sup> , ce qui nécessiterait des investissements de plusieurs milliards d'euros pour atteindre l'échelle voulue. Par ailleurs, le durcissement du règlement F-Gas 2024/573, qui renforce les quotas et impose des interdictions progressives sur les fluides frigorigènes <sup>(3)</sup> , fait peser un risque de tensions sur certains intrants. Enfin, l'obligation d'abandonner les fluides à fort GWP d'ici 2027 <sup>(3)</sup> accélère la transition vers le R290, entraînant des besoins d'adaptation rapide des chaînes d'approvisionnement et de production.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	↗	●●○○○		La filière progresse grâce au plan national visant 1 million de PAC/an d'ici 2027 et la création de 47 000 emplois <sup>(2)</sup> , cela renforce l'industrialisation locale et réduit la dépendance à l'import. La stratégie inclut l'accompagnement à l'émergence de nouvelles usines et le soutien à l'innovation pour « les standards écologiques de demain » des PAC.
<b>Compétences</b>	↗	●●○○○		La filière reste confrontée à des tensions sur les métiers clés (installateurs, techniciens frigoristes et foreurs pour la géothermie <sup>(4)</sup> ) mais la situation s'améliore progressivement: La montée en compétences devient un axe structurant, soutenue par des dispositifs dédiés pour répondre au besoin de 47 000 recrutements <sup>(2)</sup> nécessaires pour soutenir la trajectoire 2027.
<b>Économiques</b>	↘	●●●○○		La situation économique de la filière se détériore avec un effondrement de la demande, illustré par la chute de 40 % des ventes de PAC air-eau entre 2023 et 2024 <sup>(1)</sup> . Ce recul provoque une sous-utilisation des capacités d'installation, aggravée par l'instabilité des dispositifs d'aide <sup>(5)</sup> , dont les révisions successives ont conduit les ménages à reporter leurs décisions d'achat. Malgré le maintien des aides publiques (MaPrimeRénov', CEE, primes), le coût résiduel demeure un frein important pour une partie des ménages, d'autant que les subventions varient selon les revenus, les territoires et la performance des équipements, limitant l'accessibilité de l'investissement.
<b>Financières</b>	N/A	●●○○○		Même si les CEE et le « coup de pouce chauffage » continuent de proposer des soutiens significatifs en 2025, et que certaines collectivités ajoutent des aides locales, l'efficacité réelle de ces dispositifs demeure variable et dépendante de leur stabilité. La baisse marquée des volumes met en tension les industriels, au point que certains acteurs comme BDR Thermea ont envisagé d'interrompre leur production en France. Dans le cadre du plan d'action pour produire 1 million de pompes à chaleur d'ici 2027, les aides financières ont été recadrées et parfois durcies dans leurs conditions d'attribution. Les aides MaPrimeRénov' ont été rehaussées en 2025 avec des aides pouvant atteindre jusqu'à ~4 000 € pour une PAC air/eau <sup>(6)</sup> même si l'enveloppe MaPrimeRénov' disponible pour toutes les rénovations dont PAC a été réduit de 4 à 2,5 milliards d'euros en 2025 <sup>(7)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●○○○○		Pas de frein bloquant en termes d'acceptabilité.
<b>législatives et réglementaires</b>	N/A	●●○○○		La mise en place en 2026 d'un nouveau système d'agrément des modèles de PAC, fondé sur des critères de qualité et de résilience industrielle, constitue un tournant majeur, car il conditionnera les bonifications CEE à l'obtention de cet agrément à partir du 1 <sup>er</sup> septembre 2026 <sup>(8)</sup> , modifiant ainsi l'éligibilité aux aides et générant des incertitudes opérationnelles pour les fabricants. En parallèle, l'extension de la RE2020 aux bâtiments collectifs et tertiaires depuis 2025 accroît les exigences techniques et impose une adaptation accélérée des produits et des pratiques d'installation.

<sup>(1)</sup> <https://www.batiweb.com/actualites/genie-climatique/pompes-a-chaleur-le-marche-francais-toujours-en-difficulte-47116>

<sup>(2)</sup> <https://www.economie.gouv.fr/actualites/plan-action-pompes-chaleur-2027#>

<sup>(3)</sup> [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Note\\_pedagogique\\_Evolution\\_FGAZ\\_2024\\_573.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Note_pedagogique_Evolution_FGAZ_2024_573.pdf)

<sup>(4)</sup> <https://www.abcclim.net/etude/emploi-climatisation-froid.html>

<sup>(5)</sup> <https://www.construction21.org/france/articles/h/en-2024-le-marche-de-la-pac-individuelle-en-peine.html>

<sup>(6)</sup> <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/faire-des-economies-denergie/maprimerenov-parcours-par-geste-la-prime-pour-la-renovation-energetique>

<sup>(7)</sup> [https://www.hellowatt.fr/blog/reduction-budget-mpr-2025/?srsltid=AfmBOooVNouzJD0tO8fqlowex2ks63l2ohoVh4l\\_ampQuM-6XCMAvMxYs](https://www.hellowatt.fr/blog/reduction-budget-mpr-2025/?srsltid=AfmBOooVNouzJD0tO8fqlowex2ks63l2ohoVh4l_ampQuM-6XCMAvMxYs)

<sup>(8)</sup> <https://www.entreprises.gouv.fr/espace-entreprises/appels-a-projets-et-appels-a-manifestation-d-interet/agrement-de-modeles-de>

\*PAC : Pompe à Chaleur

\*\*CEE : Chauffage Écologique et Économique

# En 2025, les carburants durables avancés sont lancés... mais pas encore industrialisables à grande échelle sans soutien massif

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●●○○		L'approvisionnement reste fortement contraint, car les SAF* produits aujourd'hui proviennent quasiment exclusivement de ressources limitées (huiles de cuisson usagées (~81 %) et graisses animales (~17 %) <sup>(1)</sup> . Cette dépendance est accentuée par le fait que 69 % de ces matières premières sont importées, principalement de Chine et de Malaisie <sup>(2)</sup> , exposant la filière européenne à un risque géopolitique et à des tensions d'approvisionnement persistantes.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	↗	●●○○○		Les capacités progressent : les infrastructures aval (stockage, distribution, mélange) sont désormais compatibles SAF, et l'UE commence à se structurer, même si la production reste très concentrée dans 5 pays (99 % des volumes) <sup>(1)</sup> . En France, la filière avance avec 4 projets e-SAF sélectionnés (Engie, EDF/Hynamics, Verso, Elyse), visant 270 kt/an d'ici 2030 <sup>(3)</sup> . Mais aucun n'a encore atteint la décision d'investissement finale.
<b>Compétences</b>	N/A	●●●○○		La France dispose déjà de compétences solides en ingénierie de procédés, chimie, raffinage et technologies aéronautiques. Cependant, la filière souffre encore d'un manque d'intégrateurs industriels de grande échelle, capables d'assurer l'assemblage et la mise en œuvre d'unités complètes, ainsi que d'EPC aptes à garantir des projets jusqu'à la décision finale d'investissement.
<b>Économiques</b>	N/A	●●●●●		Les carburants durables avancés restent fortement pénalisés par un écart de coûts très élevé : en 2024, le SAF coûtait en moyenne près de trois fois le prix du kérosène <sup>(4)</sup> . Les e-fuels encore plus coûteux atteignent 2 à 7 fois le prix du kérosène <sup>(5)</sup> , ce qui les rend non compétitifs sans soutien public massif. Par ailleurs, les mandats européens pour les SAF introduits en 2025 ont entraîné une augmentation du coût du SAF, notamment à cause de surcoûts de conformité imposés par des producteurs/ fournisseurs <sup>(6)</sup> .
<b>Financières</b>	N/A	●●●●●		Le risque des premiers développements demeure élevé et les contrats d'achat long terme ne sont pas encore assurés, ce qui freine les décisions d'investissement. En 2025, le gouvernement français a dévoilé les 4 lauréats de l'appel à projets Carb Aéro: Un investissement de 100 millions d'euros au total est prévu pour soutenir les études d'ingénierie préliminaires des 4 lauréats et accompagner leurs projets en phase de pré-industrialisation <sup>(7)</sup> . Malgré cette dynamique, aucun site n'a encore atteint le FID, car le soutien actuel ne couvre pas le besoin financier au moment critique de l'investissement.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●●○○○		Les carburants durables avancés sont perçus comme essentiels pour décarboner l'aviation et le maritime. Cependant, ils suscitent encore des oppositions locales de part les odeurs générées autour de certaines usines biofuel et le trafic lié aux transports de matières premières. Enfin, l'usage de biomasse peut entrer en tension avec les usages alimentaires, alimentant le débat "food vs fuel" <sup>(8)</sup> .
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●○○○○		L'Union Européenne impose dès 2025 des obligations fermes d'incorporation des SAF* via ReFuelEU Aviation et FuelEU Maritime. Les fournisseurs de carburants auront l'obligation de veiller à ce que la part cumulée de biocarburants avancés, de biogaz et de e-fuels dans l'énergie fournie au secteur des transports soit d'au moins 1% en 2025 et 5,5% en 2030 <sup>(9)</sup> . De plus, l'aviation et le maritime sont couverts par l'EU ETS, et depuis 2024 les SAF reçoivent un soutien important grâce à des quotas gratuits compensant en partie leur surcoût par rapport au kérosène fossile <sup>(10)</sup> .

<sup>(1)</sup> [https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-report-shows-progress-sustainable-aviation-fuel-uptake-across-eu-2025-10-22\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-report-shows-progress-sustainable-aviation-fuel-uptake-across-eu-2025-10-22_en)

<sup>(2)</sup> <https://www.transportenvironment.org/articles/easa-report-confirms-urgent-need-for-eu-action-on-e-fuels-taxation-and-air-traffic-growth>

<sup>(3)</sup> <https://www.safinvestor.com/opinion/147435/un-sou/>

<sup>(4)</sup> <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-publishes-report-sustainable-aviation-fuel-scale-progress>

<sup>(5)</sup> <https://www.connaissancedesenergies.org/tribune-actualite-energies/les-e-fuels-quel-role-dans-la-transition-energetique>

<sup>(6)</sup> <https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-06-01-02/>

<sup>(7)</sup> <https://www.info.gouv.fr/actualite/france-2030-le-gouvernement-devoile-les-4-laureats-de-lappel-a-projets-carb-aero-en-faveur-de-la-decarbonation-du-transport-aerien>

<sup>(8)</sup> [https://rsb.org/wp-content/uploads/2025/02/sbpp-policy-brief-2\\_food-vs-fuel.pdf](https://rsb.org/wp-content/uploads/2025/02/sbpp-policy-brief-2_food-vs-fuel.pdf)

<sup>(9)</sup> <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-44794-deuxieme-observatoire-e-fuels.pdf>

<sup>(10)</sup> [https://climate.ec.europa.eu/document/download/9a82627a-8a5c-4419-93de-e5ed2d6248eb\\_en?filename=policy\\_ets\\_allowances\\_for\\_saf\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/document/download/9a82627a-8a5c-4419-93de-e5ed2d6248eb_en?filename=policy_ets_allowances_for_saf_en.pdf)

\*SAF : Sustainable Aviation Fuels

\*\*FID : Final Investment Decision

\*\*\*ETS : Emission Trading System

# En 2025, les **batteries Li-ion** ne sont plus freinées par la technologie, mais par la concurrence asiatique et la fragilité du modèle industriel européen

## Évolution des barrières au déploiement 1/2

		Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A		●●●○○		Les cellules de batteries sont produites à partir de ressources critiques et d'équipements majoritairement contrôlés par des pays hors Europe, en particulier la Chine, qui domine plus de 75 % <sup>(1)</sup> de plusieurs étapes essentielles de la chaîne de valeur (raffinage, production de cathodes et fabrication de cellules). Depuis 2022, la demande en matériaux critiques s'est accrue, tandis que le prix des métaux a chuté : plus de 75 % <sup>(2)</sup> pour le lithium, et de 30 à 45 % <sup>(2)</sup> pour le nickel, le cobalt, le manganèse et le graphite. Le marché montre également une forte dynamique de diversification chimique : en 2025, les batteries LFP ont dépassé les chimies nickelées, avec une croissance de 43 % contre 8 % <sup>(3)</sup> , tendance largement tirée par la Chine où plus de 80 % des véhicules électriques reposent déjà sur cette technologie. Parallèlement, les premières lignes pilotes de batteries sodium-ion apparaissent dès 2024-2026 en Europe et en Chine, marquant le début de l'industrialisation de cette chimie.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A		●○○○○		L'Europe pourrait devenir auto-suffisante en cellule de batterie dès 2026 <sup>(4)</sup> , mais plus de 50% de la production prévue dans les gigafactories européennes restent menacés de retards, de réductions d'ambition ou d'annulation. A l'échelle de la France, la dynamique industrielle est réelle grâce au développement de plusieurs gigafactories (ACC <sup>(5)</sup> , Verkor <sup>(6)</sup> , AESC <sup>(7)</sup> ). Toutefois, la montée en cadence demeure difficile dans un contexte très concurrentiel <sup>(8)</sup> et l'écosystème européen comme français reste en phase d'apprentissage industriel <sup>(9)</sup> .
<b>Compétences</b>			●●○○○		Des initiatives, notamment l'Ecole de la Batterie de Verkor <sup>(10)</sup> , ont été initiées afin de répondre au besoin de main-d'œuvre en France. Cependant, les pénuries dans les professions scientifiques et d'ingénierie (notamment procédé et automatisation) persistent, avec une demande supérieure à l'offre <sup>(11)</sup> . Ces pénuries sont d'autant plus accentuées que le marché européen est peu compétitif par rapport à d'autres continents comme l'Amérique et l'Asie entraînant une concurrence directe sur les talents avec l'Europe.

<sup>(1)</sup> <https://carboncredits.com/chinas-grip-on-lithium-tightens-as-global-supply-struggles-to-keep-up/>

<sup>(2)</sup> <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024/market-review>

<sup>(3)</sup> <https://evmagazine.com/news/lfp-tops-global-ev-market-in-2025-amid-regional-divergence>

<sup>(4)</sup> <https://battery-news.de/en/2024/08/08/nacelle-opens-sodium-ion-battery-pilot-line/>

<sup>(5)</sup> <https://www.transportenvironment.org/articles/an-industrial-blueprint-for-batteries-in-europe>

<sup>(6)</sup> <https://www.parcdesindustries.com/actualite/acc-la-montee-en-cadence-dun-projet-cle/>

<sup>(7)</sup> <https://www.connaissancedesenergies.org/tribune-actualite-energies/gigafactory-verkor-dunkerque-symbole-ou-catalyseur-quand-la-france-et-leurope-se-battent-pour-leur-autonomie#:~:text=Verkor%20inaugure%20en%20ce%20mois,le%20Nord%20de%20la%20France>

<sup>(8)</sup> <https://www.france24.com/en/live-news/20251210-france-s-battery-valley-makes-use-of-asian-experts>

<sup>(9)</sup> <https://www.largus.fr/pros/actualite-automobile/voiture-electrique-quel-avancement-pour-les-usines-de-batteries-en-france-30039861.html>

<sup>(10)</sup> <https://verkor.com/verkor-et-11-partenaires-lancent-lecole-de-la-batterie/>

<sup>(11)</sup> <https://newstardom.com/work-news/europe-leadership-stem-shortages-cedefop>

# En 2025, les batteries Li-ion ne sont plus freinées par la technologie, mais par la concurrence asiatique et la fragilité du modèle industriel européen

## Évolution des barrières au déploiement 2/2

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Économiques</b>	N/A	●●○○○		La parité du TCO (Total Cost of Ownership) entre VE* et ICE** est prévue en Europe pour 2030 <sup>(12)</sup> . La principale barrière demeure celle du prix des batteries européennes qui reste plus élevée que les batteries en Chine (jusqu'à +56% <sup>(13)</sup> ), ce qui accentue la pression concurrentielle et fragilise les marges des marques européennes. L'UE a notamment dû instaurer des tarifs anti-subsidiation pour limiter l'arrivée de VE chinois très bas prix – Une réaction révélatrice du fait que, sans ces mesures, les VE européens auraient du mal à rivaliser <sup>(14)</sup> .
<b>Financières</b>	N/A	●●○○○		Le soutien public massif demeure notamment via les IPCEI*** Batteries et les aides nationales comme en France et en Allemagne. Ainsi, plus de 33Mds€ <sup>(15)</sup> ont été investis dans les usines de batterie à l'échelle européenne. Cependant, une série de faillites majeures dans le secteur dont notamment Northvolt <sup>(16)</sup> mettent en évidence un modèle ultra capital-intensif, caractérisé par des coûts de montée en capacité très élevés, une concurrence mondiale exacerbée et des risques financiers considérables : les projets indépendants peinent à survivre, tandis que seuls les projets adossés à un constructeur automobile (OEM****) – capables de garantir des volumes contractuels et des financements plus stables – restent viables <sup>(17)</sup> .
<b>Acceptabilité</b>	N/A	○○○○○		L'acceptation sociale des véhicules électriques apparaît globalement favorable, portée par leurs bénéfices environnementaux et leur rôle central dans la décarbonation des transports <sup>(18)</sup> . Bien que quelques difficultés industrielles, financières ou techniques aient pu créer quelques résistances locales <sup>(19)</sup> , ces dernières restent faibles par rapport aux énergies renouvelables ou au nucléaire.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●●○○○		Le nouveau règlement européen des batteries (2023/1542) <sup>(20)</sup> alourdit la pression législative et réglementaire face aux pays hors-UE avec notamment une déclaration obligatoire et progressive de l'empreinte carbone pour plusieurs catégories de batteries, un passeport batterie et des objectifs stricts de collecte et recyclage des matériaux stratégiques. Cette réglementation accrue renforce la traçabilité et crée un avantage compétitif indirect des batteries produites en Europe.

<sup>(12)</sup> <https://www.virta.global/blog/the-future-of-electromobility-ieas-global-ev-outlook>

<sup>(13)</sup> <https://about.bnef.com/insights/clean-transport/lithium-ion-battery-pack-prices-fall-to-108-per-kilowatt-hour-despite-rising-metal-prices-bloombergnef/>

<sup>(14)</sup> <https://www.globalbankingandfinance.com/factbox-eu-tariffs-imports-china-made-evs/>

<sup>(15)</sup> <https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/c1e2c753-e327-4d9f-b060-56ab4af2a754/download>

<sup>(16)</sup> <https://carboncredits.com/northvolts-bankruptcy-how-does-it-impact-europes-battery-industry/>

<sup>(17)</sup> <https://www.thebatteryjournal.com/global-lithium-ion-battery-pack-prices-fall-to-record-low-of-108-kwh-bloombergnef-reports/>

<sup>(18)</sup> [https://www.strategie-plan.gouv.fr/files/files/Publications/Rapport/fs-2024-na\\_139-vehicules\\_electriques-juin.pdf](https://www.strategie-plan.gouv.fr/files/files/Publications/Rapport/fs-2024-na_139-vehicules_electriques-juin.pdf)

<sup>(19)</sup> [https://www.lexpress.fr/informations/en-hongrie-rebellion-contre-une-mega-usine-chinoise-de-batteries-K3EHQ6NNSBEJJITH6F2LFDOONU?cmp\\_redirect=true](https://www.lexpress.fr/informations/en-hongrie-rebellion-contre-une-mega-usine-chinoise-de-batteries-K3EHQ6NNSBEJJITH6F2LFDOONU?cmp_redirect=true)

<sup>(20)</sup> [https://unece.org/sites/default/files/2024-10/4\\_EU\\_Rev.1.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2024-10/4_EU_Rev.1.pdf)

\*VE : Véhicules électriques

\*\*ICE : Internal Combustion Engine

\*\*\*IPCEI : Important Project of Common European Interest

\*\*\*\*OEM : Original Equipment Manufacturer

# Les fertilisants organiques progressent dans un cadre réglementaire désormais structuré

## Évolution des barrières au déploiement

	Évolution par rapport à 2022	Faible	Forte	
<b>Approvisionnement (matériaux et technologie)</b>	N/A	●●●●○		L'approvisionnement est limité par une forte concurrence d'usages de la biomasse (alimentation animale, méthanisation, compostage, export). La filière reste en partie dépendante de ressources extérieures, la France important environ 5 Mt MS/an de biomasses primaires <sup>(1)</sup> . Enfin, la traçabilité et la qualité des intrants, très variables selon les gisements, compliquent l'obtention de produits homogènes.
<b>Capacité de développement et infrastructures</b>	N/A	●●○○○		La filière progresse avec l'essor de la méthanisation, du compostage et de la valorisation des biodéchets. Cependant, les capacités restent limitées et inégalement réparties selon les territoires, avec des tensions locales sur les volumes disponibles. La logistique demeure coûteuse en raison de la faible densité nutritive des fertilisants organiques, nécessitant un usage territorial de proximité. Enfin, l'accès aux équipements adaptés (transport, stockage, épandage) reste hétérogène, freinant un déploiement homogène de la filière.
<b>Compétences</b>	N/A	●●●●○		Les fertilisants organiques exigent un raisonnement agronomique précis, une adaptation aux conditions locales et un accompagnement renforcé des agriculteurs. Or les compétences restent insuffisantes au sein des coopératives, distributeurs et réseaux de conseil. De plus, le déficit de conseil constitue un frein majeur à l'adoption des pratiques agro-environnementales <sup>(2)</sup> .
<b>Économiques</b>	N/A	●●●○○		Les fertilisants organiques restent pénalisés par des coûts élevés (CAPEX allant de quelques centaines de milliers d'euros à plusieurs millions <sup>(3)</sup> ), liés à une production encore fragmentée et à une logistique coûteuse due au transport de volumes importants à faible densité nutritive. Les biostimulants, quant à eux, s'inscrivent dans un modèle économique exigeant, marqué par des dépenses importantes de R&D et des procédures d'AMM* longues, qui freinent leur mise sur le marché. Enfin, malgré une rentabilité accrue dans certaines filières spécialisées (viticulture, maraîchage), ces solutions peinent encore à atteindre une compétitivité généralisée à l'échelle de l'ensemble des productions agricoles.
<b>Financières</b>	N/A	●●○○○		Les financements publics existent via France 2030 piloté par l'ADEME, l'ANR et Bpifrance, ainsi que via des dispositifs AgriTech et des aides à la méthanisation pouvant couvrir jusqu'à 20 % des dépenses, plafonnées à 750 k€ par projet <sup>(4)</sup> . Malgré ces soutiens, il n'existe aucun mécanisme clair de rémunération du carbone stocké dans les sols au travers de l'action des biostimulants, et la monétisation des externalités positives reste incertaine, les dispositifs se limitant à des critères environnementaux sans rémunération associée.
<b>Acceptabilité</b>	N/A	●●○○○		Les fertilisants organiques sont perçus comme une alternative vertueuse <sup>(5)</sup> . Cependant, l'adoption reste freinée par un manque de références techniques et une incertitude sur les performances agronomiques liée à la variabilité des produits organiques.
<b>législatives et réglementaires</b>	↗	●●●○○		Le cadre réglementaire progresse avec la mise en œuvre complète du Fertilising Products Regulation (FPR) depuis 2022 <sup>(6)</sup> , qui harmonise l'accès au marché européen des fertilisants et biostimulants et s'inscrit dans un contexte politique renforcé autour de la souveraineté en engrais, de l'économie circulaire et de la réduction des intrants chimiques. Cependant, certaines limites persistent : les listes de micro-organismes autorisés restent étroites, excluant de nombreux biostimulants du champ FPR. De plus, la coexistence entre les fertilisants CE** et les réglementations nationales complique encore le marché. En parallèle, les délais d'AMM nationaux restent longs, notamment en France, à cause des essais d'efficacité sur deux ans et du traitement des dossiers par l'ANSES.

<sup>(1)</sup> <https://www.ademe.fr/presse/communique-national/ressources-et-usages-de-la-biomasse-un-equilibre-au-coeur-de-la-transition-ecologique/>

<sup>(2)</sup> [https://www.academie-agriculture.fr/system/files\\_force/publications/avis-recommandations/2024/20241125rapportfinalconseilrapportmodifie-mh.pdf?download=1](https://www.academie-agriculture.fr/system/files_force/publications/avis-recommandations/2024/20241125rapportfinalconseilrapportmodifie-mh.pdf?download=1)

<sup>(3)</sup> <https://gregorypoultry.com/2026/01/28/combien-coute-linvestissement-pour-une-usine-dengrais-organique-en-2026/>

<sup>(4)</sup> <https://www.fonds-publics.fr/aides/aide-projets-methanisation>

<sup>(5)</sup> <https://www.agriculture.veolia.fr/fr/actualites/fertilisants-organiques-lalternative-vertueuse-aux-engrais-chimiques>

<sup>(6)</sup> <https://www.intertek.com/blog/2025/07-16-eu-fertilizing-products-regulation/>

\*AMM : Autorisation de mise sur le marché

\*\*CE: Conformité Européenne

## About Capgemini Invent

As the digital innovation, design and transformation brand of the Capgemini Group, at Capgemini Invent we enable CxOs to envision and shape what's next for businesses. Located in over 40 studios and more than 70 offices around the world, we are a 13,500 strong team of strategists, data scientists, product and experience designers, brand experts and technologists who develop new digital services, products, experiences and business models for sustainable growth.

Capgemini Invent is an integral part of Capgemini, an AI-powered global business and technology transformation partner, delivering tangible business value. We imagine the future of organizations and make it real with AI, technology and people. With our strong heritage of nearly 60 years, we are a responsible and diverse group of over 420,000 team members in more than 50 countries. We deliver end-to-end services and solutions with our deep industry expertise and strong partner ecosystem, leveraging our capabilities across strategy, technology, design, engineering and business operations. The Group reported 2025 global revenues of €22.5 billion.

**Make it real.**

[www.capgemini.com](http://www.capgemini.com)



This presentation contains information that may be privileged or confidential and is the property of the Capgemini Group.

Copyright © 2026 Capgemini. All rights reserved.