

La valorisation énergétique des déchets

Par Christophe CORD'HOMME

WasteTT

Frédéric GIOUSE

Cabinet Merlin

Paloma GENGOUX et Corinne TROMMSDORFF

Partenariat français pour les déchets (PFD)

Sébastien CUEILLEN

Urbaser Environnement

Giulia BARINA et David AGUDELO-ROMERO

Waga Energy

Cet article analyse la place stratégique de la valorisation énergétique des déchets dans le contexte français comme soutien à la mise en œuvre de l'économie circulaire, à l'intersection des impératifs climatiques et des enjeux de souveraineté énergétique. Il présente les principales filières – valorisation thermique et production de biogaz –, leur contribution à la réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) ainsi qu'à la production d'une énergie locale et en majorité renouvelable. Enfin, il élargit la réflexion à l'échelle internationale, en soulignant la diversité des trajectoires et l'importance d'une planification territoriale et énergétique cohérente pour déployer efficacement ces solutions.

La valorisation énergétique des déchets ménagers et assimilés (DMA) est l'avant-dernier échelon de la hiérarchie de traitement des déchets¹ avant l'enfouissement. C'est un maillon essentiel dans l'économie circulaire qui permet la production d'énergie renouvelable, substitut des énergies fossiles. Cet article décrit les différentes approches de valorisation et présente les chiffres français.

Les déchets comme combustible

Les déchets peuvent être une source de combustible et d'énergie. La valorisation thermique des DMA, après collecte sélective, répond aux besoins énergétiques urbains et contribue à la réduction de l'enfouissement aux seuls déchets ultimes. En ce sens, elle constitue un complément indispensable à la valorisation matière.

Les Unités de Valorisation Énergétique (UVE) des déchets ménagers résiduels

La première filière, l'incinération avec valorisation énergétique, a pour finalité l'élimination des DMA résiduels non recyclables combinée à la récupération directe d'énergie (voir la Figure 1). Elle a émergé comme suite logique de l'incinération développée au XIX^e siècle, dont le rôle se limitait à leur hygiénisation. L'Unité de valorisation énergétique (UVE) valorise leur énergie sous forme de chaleur ou d'électricité. Les réglementations françaises et européennes encadrent leur fonctionnement en fixant des exigences de performance énergétique, de combustion et de respect de l'environnement (émissions gazeuses à la cheminée, rejets liquides, sous-produits). Cette filière est soumise à la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP). Alignée avec la hiérarchie de traitement, sa TGAP est moins élevée que pour l'enfouissement des déchets, et réduite lorsque la valorisation énergétique est importante : 15 €/t pour les UVE contre 65 €/t pour les installations de stockage².

¹ La hiérarchie des modes de traitement définie dans la directive européenne (UE) 2018/851 du 30 mai 2018 s'applique selon l'ordre suivant : prévention, recyclage et compostage, valorisation énergétique, et enfouissement.

² Voir le « barème 2025 de la composante de la TGAP portant sur les déchets », <https://bofip.impots.gouv.fr/bofip/12765-PGP.html/identifiant=BOI-BAREME-000039-20250723>

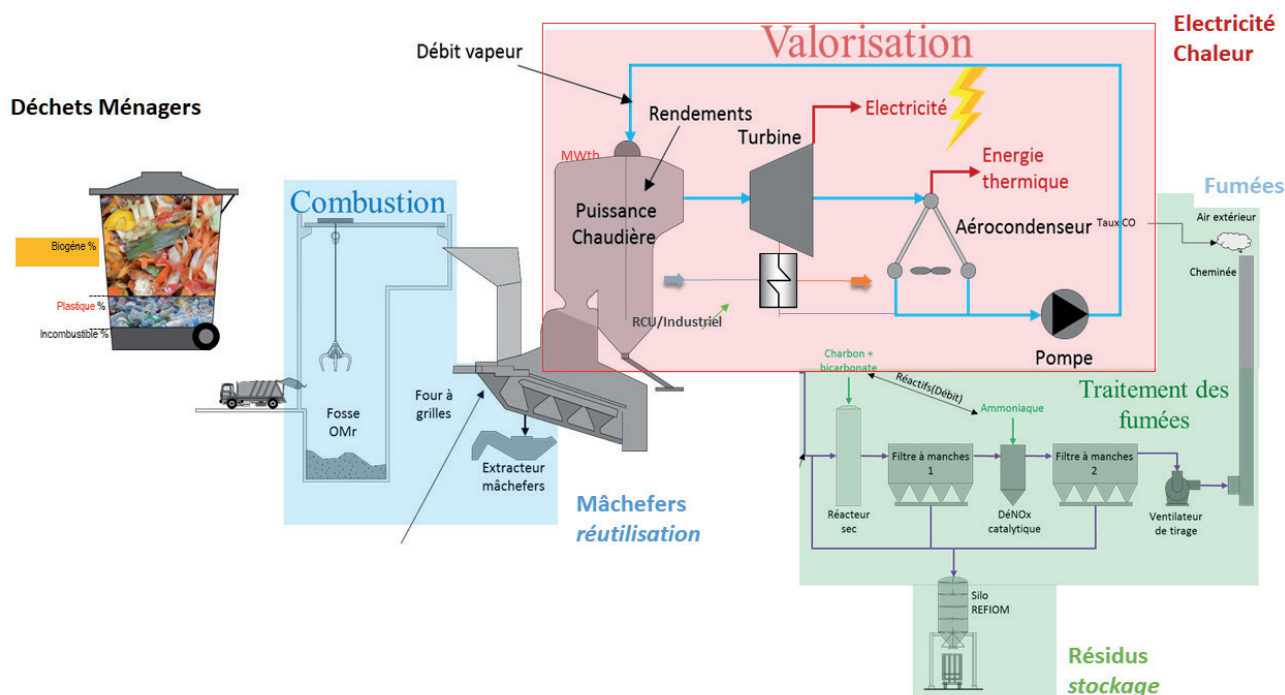


Figure 1 : Fonctionnement d'une Unité de valorisation énergétique - UVE (Source : Étude interne, SN2E, Cabinet Merlin, 2025).

Les UVE³ offrent d'importantes opportunités de réduction des émissions globales de GES et de souveraineté énergétique, fournissant chaleur et électricité pour des besoins locaux. En moyenne, la combustion d'une tonne de déchets génère 2 500 kWh d'énergie dont environ 60 % est renouvelable, car biogénique. Une installation de l'ordre de 100 000 t/an permet la production :

- d'électricité correspondant aux besoins d'une population de 30 à 50 000 habitants ;
- de chaleur (principalement en hiver) et d'eau chaude sanitaire pour une population équivalente à 6 à 10 000 logements⁴.

En 2022, 14,6 Mt de DMA français ont été traités dans les 117 unités de valorisation énergétique en fonctionnement selon l'ADEME (2024), avec un âge moyen des installations de 32 ans. Les trois quarts des tonnages sont valorisés en cogénération, produisant chaleur et électricité. Au total pour la France, les UVE ont produit 4 560 GWh d'énergie électrique et 15 369 GWh d'énergie thermique. Cette énergie est la première source de chaleur renouvelable en France. Intégrant les recettes énergétiques et la TGAP, le coût net médian du traitement des DMA en France est de 106 €/t pour l'incinération et de 122 €/t pour l'enfouissement (Ademe, 2025).

Les centrales à Combustibles Solides de Récupération (CSR)

La deuxième filière, les centrales CSR (chaufferie ou cogénération), a émergé plus récemment pour satis-

faire des besoins énergétiques industriels en remplacement de chaudières utilisant des combustibles fossiles (charbon, gaz) (cf. Figure 2). À titre d'exemple, de nombreux projets territoriaux de chaudières CSR de l'ordre de 20 MW émergent, alimentés par environ 40 000 tonnes de CSR produits localement, généralement à partir de déchets industriels banals auparavant enfouis. Cette taille d'installation fournit de l'ordre de 100 GWh de chaleur industrielle et 25 GWh d'électricité par an⁵.

Le CSR est issu de déchets non dangereux, non valorisables sous forme matière, triés et préparés dans une unité dédiée afin d'assurer une densité énergétique élevée et un contrôle de la qualité du combustible. L'avantage est que le CSR est transportable et stockable. Cependant, tous les déchets ne peuvent être traités par cette filière, contrairement aux UVE. En France, la centrale CSR n'est pas soumise à la TGAP mais à la fiscalité CO₂. Une centrale d'une puissance de 50 MW sera soumise au système européen d'échange de quotas d'émission EU ETS⁶ (quotas de CO₂) et doit s'acquitter d'une fiscalité CO₂ pour ses émissions issues de la combustion de la fraction fossile (plastique, textile synthétique, etc.), soit 150 kg de CO₂ fossile/MWh, ce qui équivaut à 9 €/MWh (pour un prix du CO₂ de 60 €/t en juillet 2025).

Si des questions persistent sur la qualité du combustible, les émissions et la concurrence avec le recyclage, sa mise en avant s'explique par la volonté d'éviter l'enfouissement. En France, la LTECV de 2015⁷ y voit un levier pour réduire la dépendance énergétique de

³ Un incinérateur avec valorisation énergétique est qualifié d'UVE quand il atteint un rendement énergétique élevé, défini dans la directive européenne 2008/98/CE.

⁴ Source interne, SN2E-Cabinet Merlin, 2025.

⁵ Source interne au SN2E - Cabinet Merlin.

⁶ ETS : *Emissions Trading System*.

⁷ Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV).

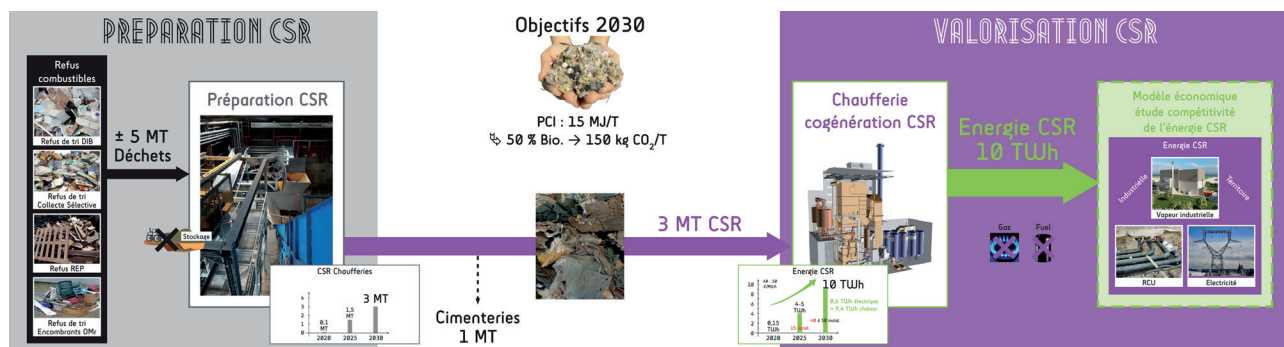


Figure 2 : Cycle de vie du CSR (Source : Étude interne, SN2E, Cabinet Merlin, 2025).

la France vis-à-vis des combustibles fossiles et pour accompagner l'objectif de réduction de 50 % d'enfouissement en 2025. La filière est en phase de développement avec un objectif 2030 de 10 TWh d'énergie CSR (soit 3 Mt de CSR, 50 fois plus qu'en 2022). Étant donné l'ambition de cet objectif, les pouvoirs publics visent à soutenir ces actions à la fois par des appels à projets de l'ADEME et en continuant l'augmentation de la TGAP sur l'enfouissement (Gouvernement, 2025). En 2022, en France, 13 installations de préparation de CSR traitant 1,6 % des DMA (367 kt/an) ont montré un rendement significatif en combustible : 63 % des flux sortants sont transformés en CSR, alors que 29 % constituent des refus (destinés à une UVE ou à l'enfouissement) et 3 % sont des déchets métalliques (Ademe, 2024). Toutefois, malgré de premières aides à l'investissement, la compétitivité de la chaleur CSR reste faible face au gaz. Une reconnaissance de son rôle décarbonant (Certificats d'économie d'énergie, bilans industriels) est avancée pour aider au développement de la filière.

Les déchets organiques : gisement de production de biogaz

Le biogaz est issu de la fermentation de matières organiques en conditions d'absence d'oxygène. L'intérêt pour ce gisement de biogaz s'est ravivé, avec la hiérarchie de traitement des déchets qui priorise la valorisation matière sur la combustion. Le biogaz est composé essentiellement de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2), mais aussi de composés traces nécessitant un traitement spécifique. Il est produit naturellement dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) contenant des déchets organiques résiduels ou de façon contrôlée, par méthanisation dans des digesteurs.

La méthanisation est une technologie mature au cœur de l'économie circulaire qui combine réduction des déchets et production de biométhane, en remplacement d'énergies fossiles. En moyenne, 1 tonne de déchets putrescibles génère 100 à 150 m^3 de biogaz, soit 250 à 400 kWh d'énergie.

La méthanisation est une solution de valorisation pour les 45 % des DMA composés de matière organique (Ademe, 2017) (restes alimentaires, déchets

verts, papiers et cartons souillés). Elle est aujourd'hui encore sous-exploitée en raison de la qualité de l'intrant le conduisant en majorité à l'incinération ou à l'enfouissement. La séparation à la source permet de produire simultanément du biogaz et une matière organique résiduelle pouvant être valorisée en amendement pour les sols (digestat), et de réduire les flux vers les UVE et l'enfouissement. La production de biogaz est un enjeu stratégique national. En France, une unité de digestion anaérobie traitant 20 000 t/an de déchets organiques couvre les besoins en chauffage d'environ 2 600 foyers⁸. Ce mode de traitement est encore émergent, avec seulement 16 unités en fonctionnement en 2022 (341 kt de déchets traités) (Ademe, 2024). Contrairement à la pyrogazéification ou autres voies thermochimiques, le biogaz issu de digestion anaérobie (en unité de méthanisation ou en installation de stockage) est entièrement biogénique.

Une autre source de biogaz provient des ISDND. Les déchets organiques résiduels enfouis génèrent du biogaz sur une durée de 15 à 20 ans. Le captage et le traitement de ce biogaz sont obligatoires en France et en Europe⁹ mais l'enfouissement est la principale source d'émissions du secteur déchets (en France et au niveau mondial). En effet, le captage de ce biogaz n'est pas total et une partie du méthane s'échappe vers l'atmosphère, surtout pendant la phase d'exploitation du site. Le méthane est un GES à durée de vie limitée dont le pouvoir réchauffant est 28 fois supérieur à celui du CO_2 sur 100 ans, mais 84 fois sur 20 ans (MTE, 2024). À l'échelle mondiale, les déchets représentent 17 % des émissions anthropiques de méthane mais avec de fortes disparités par pays (voir la Figure 3) et le stockage représente 80 % de ces émissions (EEA, 2022). La diversion de la fraction organique des déchets vers d'autres modes de traitements ainsi que la gestion optimale du méthane dans les ISDND et sa valorisation énergétique offrent donc un levier rapide d'atténuation. En 2022, la captation du biogaz d'ISDND produisaient 935 GWh d'électricité, et 652 GWh d'énergie thermique (Ademe, 2024).

En 2022, selon l'Ademe (2024), la France comptait 165 ISDND, accueillant 14,2 Mt de déchets entrants. Avec

⁸ Selon GRDF, la consommation moyenne est d'environ 6 MWh/an pour un logement neuf chauffant au gaz.

⁹ Directive européenne 1999/31/CE du 26 avril 1999.

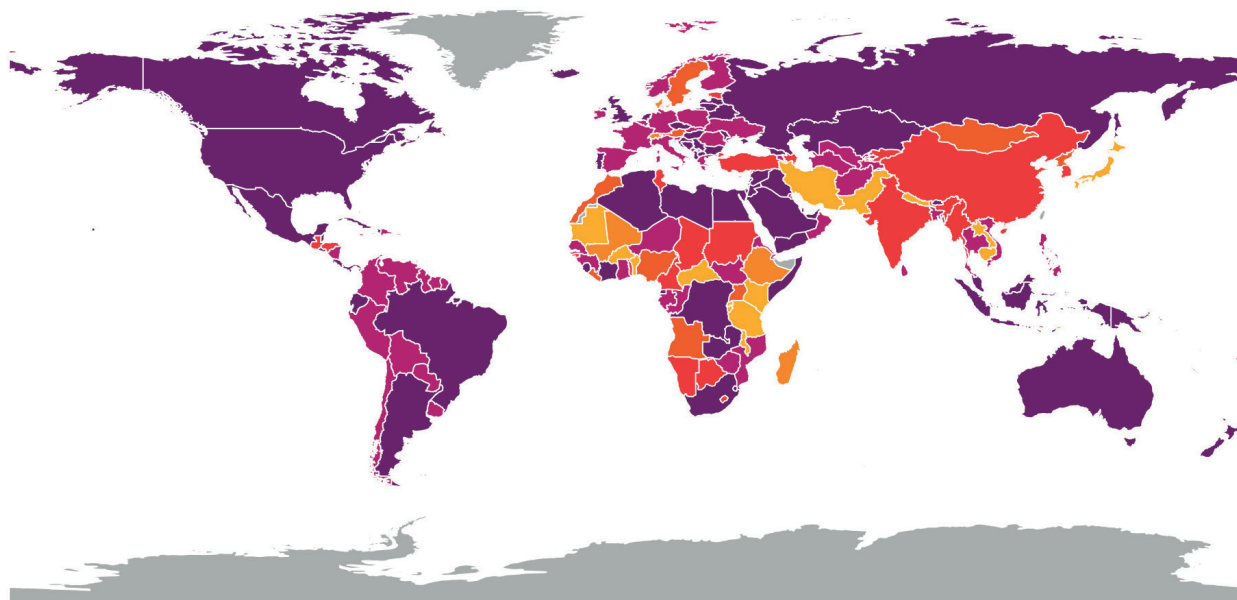


Figure 3 : Contribution des émissions de méthane aux émissions totales du secteur déchets (Source : Climate watch, 2021, *in PFD*, 2025).

une baisse de 7,4 % des déchets mis en décharge entre 2010 et 2020, l'objectif de 30 % fixé par la LTECV n'est pas atteint (MTE, 2025).

Que ce soit par méthanisation ou en ISDND, le biogaz produit peut être valorisé :

- en combustion directe dans une chaudière de récupération d'énergie thermique sans traitement préalable ;
- par cogénération : dans des moteurs produisant de l'électricité et de la chaleur, issue du refroidissement du moteur et des fumées de combustion ;
- par injection : directement dans le réseau de gaz naturel sous forme de biométhane, après une étape d'extraction de la fraction CO_2 du biogaz (50 %), de purification, de compression et d'odorisation. Le gaz purifié peut aussi être utilisé comme carburant pour une flotte de camions ou de bus.

Ce dernier procédé de valorisation est actuellement mis en avant dans les nouveaux projets en France par le biais d'outils de soutien financier public (CRE, 2024a), car il fournit une ressource (la molécule de CH_4 biogénique) bien plus rare sur le territoire français que l'énergie électrique. De plus, il facilite la récupération du CO_2 , lui aussi biogénique, qui peut être valorisé (agriculture, industrie agroalimentaire, etc.) ou séquestré. La LTECV prévoit de porter la part du biométhane en 2030 à 10 % de la consommation annuelle de gaz. Chaque kWh de biométhane injecté permet d'éviter environ 200 g CO_2e . À la fin 2023, une capacité cumulée d'environ 12 TWh PCS/an était en service permettant de produire 9 TWh de biométhane injecté (CRE, 2024b). En 2025, la capacité de production de biométhane des ISDND en France est de 650 GWh et va progresser dans les prochaines années¹⁰.

Pour que les opportunités d'atténuation et de circularité offertes par la valorisation énergétique soient exploitées au mieux, il faut gérer les sous-produits générés (cendres, mâchefers, digestats, lixiviats, fumées). Les mâchefers issus de la combustion contiennent encore des métaux et minéraux valorisables. Les cendres et autres sous-produits de dépollution, bien que minoritaires, nécessitent un traitement spécifique car ils sont classés dangereux. Toutefois, leur richesse en métaux essentiels en fait un potentiel « minéral du futur ». Que ce soit par la production de biogaz ou de combustible, il faut aussi rappeler l'effet d'« émissions évitées » permis par la valorisation énergétique : l'énergie issue des déchets se substitue à celle produite par des sources fossiles, mais ces bénéfices restent peu visibles dans les bilans d'émissions de GES au niveau national, car comptabilisés dans le secteur de l'énergie.

Valorisation énergétique dans le monde : état des lieux et perspectives

Les choix des modes de traitement des déchets dépendent d'arbitrages politiques, culturels, et économiques, et diffèrent donc à travers le monde. À l'échelle mondiale, la valorisation énergétique des déchets reste minoritaire. En 2016, au niveau mondial, le captage du biogaz était appliqué à seulement 8 % des déchets enfouis. Le biogaz est principalement torché, faute de viabilité économique. La même année, 11 % des déchets mondiaux étaient incinérés (Kaza *et al.*, 2021). D'après les données disponibles, plus de 2 500 UVE sont installées dans le monde (ISWA, 2023). Les problématiques de qualité de l'air (fumées, odeurs) sont des facteurs clé pour l'acceptation sociale des UVE. Si des inquiétudes transparaissent parfois au sujet de pollutions émises par combustion, les technologies telles

¹⁰ Communication Waga Energy.

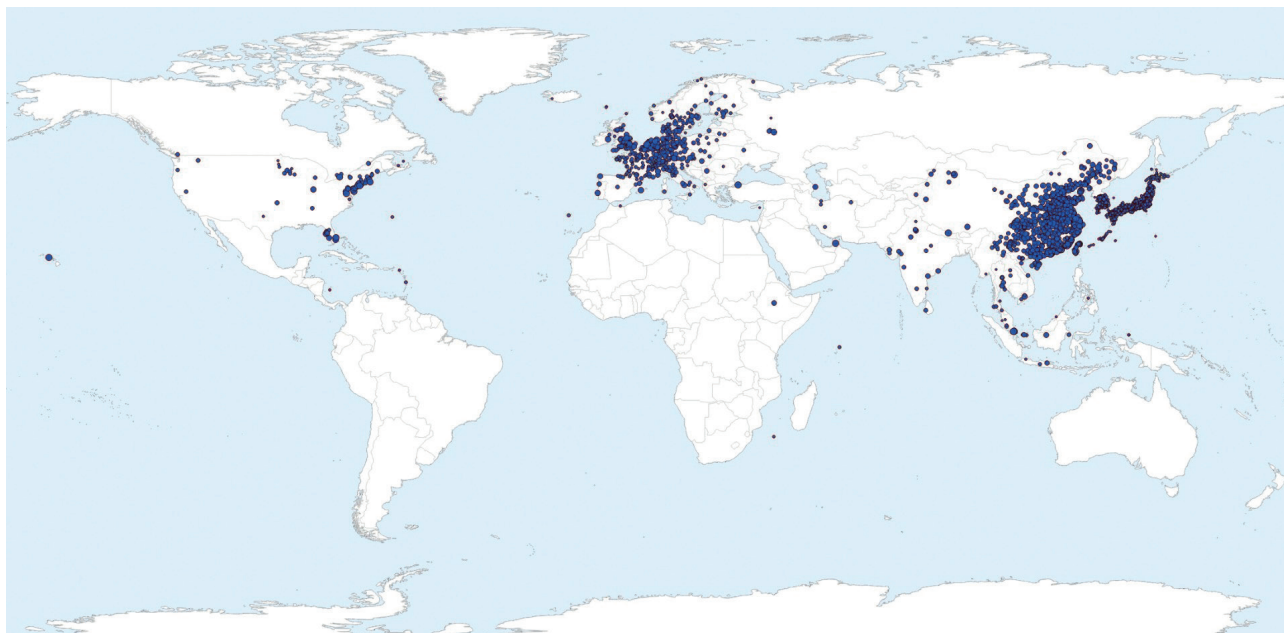


Figure 4 : La répartition mondiale des UVE (Source : ECOPROG, 2022, in PFD, 2025).

que décrites en Europe dans le document BREF¹¹, et les obligations de suivi associées, permettent un fonctionnement d'installations aux impacts polluants très limités ou quasi-nuls. La méthanisation, qui reste peu documentée mondialement, et la production de CSR se développent comme stratégies de réduction de l'enfouissement, mais aussi comme stratégies de valorisation énergétique

Ces modes de traitement exigent une planification territoriale rigoureuse et une intégration dans les politiques d'aménagement. Un marché de l'énergie structuré et des contrats clairs (prix, volumes ; durée, et qualité) sont nécessaires pour garantir des revenus. Des réseaux de distribution adaptés (électricité, gaz, chaleur, transport) conditionnent la viabilité des projets. Enfin, les capacités opérationnelles locales doivent être évaluées. Les différentes approches de valorisation présentent un niveau croissant de technicité, d'exigence du cadre réglementaire et d'organisation de la filière : la valorisation du biogaz issu de l'enfouissement ; la méthanisation de la fraction organique des déchets ; la valorisation thermique (UVE ou CSR).

CRE (2024a), « Soutien à la production de méthane », Commission de régulation de l'énergie.

CRE (2024b), « Bilan technique et économique des installations de production de biométhane injecté (hors STEP et ISDND) », Commission de régulation de l'énergie.

EEA (2022), « Methane emissions in the EU: the key to immediate action on climate change », European Environment Agency.

Gouvernement (2025), « Stratégie française pour l'énergie et le climat. Programmation pluriannuelle de l'énergie (2025-2030, 2031-2035). Projet de PPE n°3 soumis à la consultation », Gouvernement.

ISWA (2023), « White Book on Energy-from-Waste (EfW) Technologies », ISWA – International Solid Waste Association.

KAZA S. *et al.* (2021), « What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 », Washington DC, World Bank Group.

MTE (2024), « Chiffres clés du climat. France, Europe et Monde », Paris, Datalab.

PFD (2024), « La gestion des déchets pour faire face à la crise climatique », Paris, Partenariat français pour les déchets.

PFD (2025), « Atlas sur la gestion des déchets et l'atténuation du changement climatique », Paris, Partenariat français pour les déchets.

Bibliographie

ADEME (2017), « MODECOM 2017 – Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers et assimilés », ADEME, coll. Faits et Chiffres.

ADEME (2024), « Le traitement des Déchets Ménagers et Assimilés en 2022 », Angers, ADEME et RUDOLOGIA, coll. Faits et Chiffres.

ADEME (2025), « Référentiel des coûts du service public de gestion des déchets en France métropolitaine. Données 2022 », ADEME, coll. Faits et chiffres.

¹¹ BREF est le document de référence des meilleures techniques disponibles (MTD) pour l'Union européenne.