



BIOÉNERGIES

Quelle contribution à l'objectif européen de neutralité climatique ?

Michel CRUCIANI

Juillet 2020

L'Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d'information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l'Ifri est une association reconnue d'utilité publique (loi de 1901). Il n'est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L'Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l'échelle internationale.

Les opinions exprimées dans ce texte n'engagent que la responsabilité de l'auteur.

ISBN : 979-10-373-0207-6

© Tous droits réservés, Ifri, 2020

Comment citer cette publication :

Michel Cruciani, « Bioénergies : quelle contribution à l'objectif européen de neutralité climatique ? », *Études de l'Ifri*, Ifri, juillet 2020.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Site internet : ifri.org

Auteur

Michel Cruciani est chargé de mission au Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières (CGEMP) de l'Université Paris-Dauphine depuis février 2007. Il contribue notamment à certaines études, participe à l'organisation des conférences, apporte son concours aux publications et assure une grande partie de l'enseignement sur les énergies renouvelables, destiné aux étudiants en master.

Auparavant, Michel Cruciani, titulaire d'un diplôme d'ingénieur, a partagé ses activités entre Gaz de France (Services techniques, puis Études économiques), la CFDT (Administrateur de Gaz de France, puis Secrétaire général adjoint de la fédération du gaz et de l'électricité), et enfin Électricité de France (Direction des Affaires européennes).

Dans ces fonctions, il a suivi la libéralisation des marchés du gaz et de l'électricité aux États-Unis et en Europe ainsi que la montée des préoccupations environnementales, conduisant à l'adoption de politiques climatiques, à un nouveau regard sur l'énergie nucléaire et à la promotion des énergies renouvelables.

Michel Cruciani est associé aux travaux du Centre Énergie & Climat de l'Ifri depuis 2009.

Résumé

Les bioénergies ont procuré en 2018 environ 8 % de toute l'énergie finale consommée dans les 27 pays de l'Union européenne (UE); elles représentent 57 % des énergies renouvelables. Les ressources en bioénergies constituent un ensemble vaste et hétérogène, comprenant le bois, certaines cultures dédiées, la fraction organique des déchets ménagers ainsi que les résidus des industries du bois et des activités agricoles et agro-alimentaires. Leur valorisation emprunte trois canaux, les produits solides (bûches, granulés de bois), les produits liquides (biocarburants) et les produits gazeux (biogaz, biométhane) et convient à tous les usages (électricité, chaleur et transports).

Entre 2000 et 2009, les bioénergies ont connu un quasi-doublement de leur contribution au mix énergétique européen, passant de 55 à 97 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep); la croissance s'est poursuivie à un rythme moindre jusqu'en 2018, amenant le total à 128 Mtep. À partir de 2009, les doutes sur le bénéfice réel des bioénergies en termes climatiques ont suscité plusieurs évolutions réglementaires, dont les deux dernières menacent désormais leur essor. En premier lieu, le règlement sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF), adopté en mai 2018, contraindra les États à maintenir à un niveau constant le stock de carbone accumulé dans les sols et les forêts à partir de 2021. En second lieu, la directive RED II, paraphée en décembre 2018, restreint les soutiens financiers auxquels peuvent prétendre les bioénergies à celles qui respectent une longue série d'exigences environnementales. Les simulations disponibles sur les conséquences de ces textes laissent apparaître une baisse sensible de leur apport au bilan énergétique de l'UE à l'horizon 2030 si le cadre de production antérieur reste inchangé. L'impact sera particulièrement sensible sur l'approvisionnement en biocarburants, car l'UE importe une fraction significative de sa consommation (8 % du bioéthanol et 17 % du biodiesel), dans des conditions ne satisfaisant pas, actuellement, aux futures contraintes.

Or, la Commission européenne (CE) a publié en novembre 2018 une étude d'impact montrant que l'atteinte de la neutralité climatique en 2050 serait facilitée par une contribution accrue des bioénergies; l'accroissement deviendrait possible avec certaines hypothèses sur leurs modes de production, en lien notamment avec les pratiques forestière et

agricole. D'autres études confirment cette conclusion, toujours avec des hypothèses spécifiques. En supposant que ces prérequis soient satisfaits, il est intéressant de constater que les technologies modernes devraient permettre à brève échéance de produire toute forme d'énergie, solide, liquide ou gazeuse, à partir de quasiment toutes les ressources, qu'elles soient sèches (bois et résidus de la sylviculture) ou humides (déchets, cultures et résidus agricoles). Dans la même période, on attend une plus grande pénétration de l'électricité dans les usages chaleur et transport.

Les incertitudes qui en résultent sur ces marchés plaident pour accorder une attention spéciale à celle des bioénergies. Elles présentent la plus grande valorisation par combustion directe, de même que les biocarburants avancés garderont des débouchés dans le transport, pour les usages tels que l'aviation, où les carburants liquides paraissent indispensables, et dans le parc des véhicules à moteur thermique, qui domineront encore le secteur pendant une ou deux décennies.

Une première recommandation se dégage : poursuivre les efforts de recherche et d'innovation axés sur la transformation des ressources organiques en vecteurs modernes d'énergie. L'UE a mis en place de nombreux outils destinés à orienter, encadrer et financer la recherche ; on ne saurait trop insister pour leur maintien, voire leur renforcement.

Au-delà des efforts de recherche, des remaniements du cadre réglementaire paraissent nécessaires. La publication du Pacte Vert (« Green Deal ») en décembre 2019 entraîne à court terme la révision de plusieurs textes législatifs et l'examen d'orientations nouvelles abordant ces sujets. Une seconde recommandation consiste à saisir cette « fenêtre » politique pour compléter les dispositions existantes et intégrer de nouvelles mesures favorables à un apport soutenu en bioénergies, en visant une mise en cohérence des différentes exigences environnementales et une meilleure articulation avec les autres leviers de décarbonation. On citera notamment :

- La stratégie sur l'intégration sectorielle : elle pourrait stimuler le développement du biométhane et favoriser la coordination des différents apports énergétiques (bioénergies, électricité, gaz naturel) dans l'usage chaleur, tout particulièrement pour la conception et la gestion des réseaux de chaleur.
- La stratégie « de la ferme à la table », la stratégie relative à la biodiversité et la future politique agricole commune : elles pourraient promouvoir une modification des régimes alimentaires, libérer des terres, et encourager le développement de l'agroécologie et de l'agroforesterie.

- La révision de la directive sur le déploiement d'infrastructures pour les carburants alternatifs : elle pourrait faciliter l'usage du biométhane comme carburant en accélérant le déploiement des stations de recharge en gaz naturel pour véhicules.
- Les révisions du règlement sur l'utilisation des terres, de la directive sur les énergies renouvelables, de la directive déchets et de la directive sur la taxation de l'énergie : elles pourraient affiner le mécanisme des garanties d'origine applicable au biogaz, inciter au recyclage des biodéchets par la méthanisation plutôt que le compostage, interdire ou taxer les bioénergies importées en dehors du cadre réglementaire général et intégrer leurs émissions de CO₂ dans le système européen d'échange de quotas (ETS)...
- La révision des lignes directrices sur les aides d'État en faveur des énergies renouvelables : elle pourrait autoriser l'introduction de dispositions répondant aux besoins en investissements pour la production de biocarburants avancés. Ces derniers contribueront à réduire les émissions des dizaines de millions de véhicules à moteur thermique qui resteront en circulation d'ici 2040 ; ils se révèlent en outre indispensables pour la transition vers une aviation propre.

Cet ensemble de textes et d'autres encore découlant du Pacte Vert interagissent entre eux, de sorte que leurs conséquences pour le développement des bioénergies se discernent mal. Ce constat dicte une dernière recommandation : que la CE bâtisse une véritable « stratégie en faveur des bioénergies ». Elle s'appuiera sur des simulations d'envergure européenne accessibles au public et invitera à entreprendre sans tarder des études aux niveaux national et local pour permettre à tous les acteurs de distinguer les leviers d'intervention dont ils disposent.

Sommaire

INTRODUCTION	11
LA PLACE ACTUELLE DES BIOÉNERGIES EN EUROPE.....	13
Données générales	13
Ressources	15
<i>Les produits de la forêt</i>	<i>15</i>
<i>Les produits de l'agriculture.....</i>	<i>15</i>
<i>Les déchets organiques.....</i>	<i>16</i>
Valorisation énergétique.....	16
<i>Combustibles solides (ou biomasse solide)</i>	<i>17</i>
<i>Produits liquides (biocarburants)</i>	<i>19</i>
<i>Biogaz et biométhane</i>	<i>22</i>
ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES RÉCEMMENT ADOPTÉES	25
Exigences relatives à la durabilité des bioénergies	25
<i>Résumé de la nouvelle directive sur la promotion des énergies renouvelables.....</i>	<i>25</i>
<i>Commentaires.....</i>	<i>27</i>
Exigences relatives au secteur des terres et de forêts	28
<i>Résumé</i>	<i>28</i>
<i>Commentaires.....</i>	<i>29</i>
L'OBJECTIF DE NEUTRALITÉ CLIMATIQUE À L'HORIZON 2050 : RUPTURES ET PERSPECTIVES	33
Le rôle majeur des bioénergies pour atteindre la neutralité carbone ..	33
Perspectives pour les combustibles solides	36
Perspectives pour les biocarburants.....	38
Perspectives pour le biogaz et le biométhane.....	42
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	45

Introduction

Le terme « bioénergie » s'applique aux sources d'énergie issues de la matière vivante. Il s'agit principalement de matière végétale, avec quelques apports du monde animal : graisses, effluents d'élevage, sous-produits laitiers... La valorisation énergétique s'est longtemps limitée, depuis l'origine de l'espèce humaine, à la fourniture de chaleur par la combustion directe ; d'autres techniques sont apparues plus tardivement, comme la production de biocarburants à partir de cultures dédiées, ou la génération de biogaz par la fermentation contrôlée de plantes ou résidus naturels divers.

L'ensemble des bioénergies ont connu un regain d'intérêt avec les mesures prises pour renforcer la lutte contre le changement climatique. Ainsi, dans les Plans Nationaux Énergie & Climat établis par les États à partir de 2009, les bioénergies constituaient 57 % des apports prévus pour satisfaire l'objectif relatif aux énergies renouvelables que l'UE venait d'adopter pour l'échéance 2020, fixé à 20 % de la consommation finale totale d'énergie¹.

En 2020, alors que s'affine la préparation d'objectifs plus ambitieux pour 2030, les bioénergies conservent une place importante dans les plans déjà annoncés (35 % de la consommation primaire totale d'énergie en Suède, par exemple²). Pourtant, le contexte a considérablement évolué durant la dernière décennie. En premier lieu, le cadre réglementaire a durci les critères à remplir pour garantir le caractère renouvelable des bioénergies. En second lieu, la rapidité du réchauffement climatique interroge sur la pérennité de la ressource, confrontée à des exigences nouvelles concernant par exemple la préservation de la biodiversité ou une inflexion des pratiques agricoles. En dernier lieu, la concurrence s'accroît entre les besoins : atteindre la neutralité climatique semble difficile sans augmenter la fonction de « puits de carbone » que jouent les forêts, alors que le bois est aussi sollicité en substitution de matériaux variés et que la biochimie vise à remplacer au moins partiellement la pétrochimie.

1. Energy Research Center of the Netherlands & European Environment Agency, *Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States*, 28 novembre 2011, p. 115.

2. Regeringen – The Ministry of Infrastructure, *Sweden's Integrated National Energy and Climate Plan*, 16 janvier 2020, p. 21 et 36.

Outre les évolutions évoquées ci-dessus, le monde des bioénergies est confronté à l'arrivée de filières technologiques susceptibles de valoriser différemment une même ressource naturelle. Ainsi, les biocarburants avancés pourraient exploiter à l'avenir des chutes de bois jusqu'ici destinées à la combustion ou des résidus agricoles réservés auparavant aux installations de biogaz ; le bois pourrait également servir à la production de gaz de synthèse puis de méthane. La compétition entre usages s'ajoute à la concurrence entre filières.

Cette dernière considération nous a semblé justifier une étude prenant en compte l'ensemble des bioénergies, plutôt qu'une analyse par filière. Le premier chapitre brosse un panorama de la situation existante, avec un bref inventaire des ressources et des usages actuels. Le second chapitre évoque les facteurs de changement, en rappelant les récentes évolutions réglementaires et en abordant leurs implications probables. Enfin, un dernier chapitre s'efforce de dégager les perspectives à long terme de chaque filière, en prenant en compte l'ambition de neutralité climatique à l'horizon 2050 et les évolutions technologiques en cours. L'étude se conclut donc par des recommandations, illustrées par divers exemples sur leurs motivations.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de détailler les conditions à satisfaire pour favoriser le recours aux bioénergies ; on retiendra simplement qu'elles impliquent le développement de l'agroforesterie³ et de l'agroécologie, ainsi qu'une extension des surfaces utiles, notamment grâce à des terres libérées par un changement des régimes alimentaires. Ce type de changement ainsi que l'évolution des pratiques agricoles sont longs et difficiles à obtenir. Le caractère crucial de la neutralité climatique et les bénéfices associés aux transformations préconisées, en termes de santé publique et de sécurité alimentaire, incitent néanmoins à amorcer rapidement leur mise en place.

3. L'agroforesterie consiste à associer arbres, cultures et/ou animaux sur une même parcelle agricole, en bordure ou en plein champ. Source : Association française d'agroforesterie, disponible sur : www.agroforesterie.fr.

La place actuelle des bioénergies en Europe

Données générales⁴

Dans la suite de la présente étude, le terme « bioénergies » désignera de manière générique toutes les formes d'énergie (solide, liquide ou gazeuse) tirées de la matière organique, d'origine végétale ou animale.

En 2018, l'ensemble des bioénergies produites au sein de l'UE à 27⁵ ont représenté un apport total de 128 Mtep, soit 8,4 % de l'énergie primaire disponible sur ce territoire. À ce total, il convient d'ajouter un volume importé proche de 5 Mtep, soit 4 % des quantités produites, pour aboutir à 133 Mtep disponibles.

Les données agrégées masquent toutefois des situations profondément différentes. La production locale en bioénergies procure plus de 20 % des apports en énergies primaires dans quatre pays mais moins de 5 % dans sept autres. Le détail apparaît en tableau 1. Il en va de même en ce qui concerne le solde importateur : face à dix pays exportateurs nets, quatorze sont importateurs nets, dont trois (Danemark, Italie et Suède) pour un total de 5,9 Mtep.

4. Toutes les indications chiffrées de la présente section proviennent de la base de données Eurostat, *Energy Balances – January 2020 Edition & Complete Energy Balances [nrg_bal_c]*, mise à jour du 10 avril 2020, disponible sur : <https://ec.europa.eu>. Les ratios ont été calculés par l'auteur.

5. L'UE27 regroupe ici les 27 États membres de l'UE au 1^{er} février 2020, après le départ du Royaume-Uni.

Tableau 1 : Part des bioénergies dans l'énergie primaire disponible (en %)

Lettonie	54,5	Allemagne	8,2
Finlande	27,7	Slovénie	8,1
Estonie	25,6	Slovaquie	7,3
Suède	20,2	Pologne	7,0
Lituanie	18,9	Italie	6,7
Croatie	18,1	France	6,1
Autriche	15,7	Espagne	5,7
Danemark	14,2	Pays-Bas	4,6
Portugal	12,8	Grèce	4,0
Roumanie	10,9	Belgique	3,5
Hongrie	10,1	Irlande	3,1
Rép. Tchèque	9,1	Luxembourg	2,8
Bulgarie	9,1	Chypre	1,3
UE27	8,4	Malte	0,1

Source : Eurostat, Energy Balances, op. cit.

Une partie des bioénergies se consomment directement, notamment pour l'usage chaleur ou comme carburant. On les retrouve donc dans le bilan en énergie finale de l'UE27, pour un total de 85 Mtep (9 % de la consommation finale en 2018). Le solde au regard des 133 Mtep disponibles en énergie primaire est transformé en d'autres énergies finales, principalement en électricité, ou commercialisé sous forme de chaleur distribuée.

En prenant en compte la gamme complète des utilisations finales, les bioénergies ont fourni environ 57 % de toutes les énergies renouvelables consommées dans l'UE27 en 2018. Ici aussi, les disparités sont fortes : dans les pays baltes et plusieurs États d'Europe centrale (Hongrie, Pologne, République Tchèque), le ratio dépasse 80 %, mais les quantités en jeu restent modestes. Le ratio tombe au-dessous de la moyenne européenne

dans les États bien dotés en hydroélectricité (Suède, France, Autriche) ou ayant fortement investi dans l'éolien et le solaire (Allemagne, Espagne, Italie).

Ressources

Les produits de la forêt

Par forêt, on entend ici aussi bien les forêts naturelles, se développant sans intervention humaine, que les plantations d'arbres. Les produits forestiers, offrant de loin les plus vastes ressources en bioénergies, incluent :

- ▀ le bois issu de l'abattage des arbres, troncs et grosses branches ;
- ▀ le petit bois et les chutes, telles que branchages, souches ou écorces, résultant de l'abattage mais non utilisables à des fins industrielles (terme regroupant la charpente, la menuiserie, le papier, etc.) ;
- ▀ les sous-produits de l'industrie du bois, sciure et copeaux par exemple, ou « liqueur noire », résidu visqueux issu de la fabrication de pâte à papier ;
- ▀ le bois en fin de vie : meubles, palettes, panneaux de particules.

Le bois destiné à un usage énergétique fait l'objet d'un conditionnement préliminaire pour faciliter la manutention puis la commercialisation, sous forme de bûches (*logs*), plaquettes forestières (*wood chips*), granulés (*pellets*) ou briquettes (*reconstituted bricks*).

Les produits de l'agriculture

Ce second sous-ensemble comprend :

- ▀ les plantes à vocation alimentaire, céréales (blé, maïs), racines (betteraves), légumineuses (soja), graminées (canne à sucre) ou encore oléagineux (colza, tournesol, palmier à huile) ;
- ▀ les plantes à vocation strictement énergétique : miscanthus, jatropha ou taillis à courte rotation, ainsi que certaines espèces introduites en intersaison (cultures intermédiaires à vocation énergétique, ou CIVE) et enfin certaines algues cultivées en milieu aquatique ;
- ▀ les résidus des cultures, tels que la paille du blé ou la bagasse de la canne à sucre ;
- ▀ les sous-produits des industries agro-alimentaires, générés par la transformation des matières premières (par exemple le marc des fruits

vendus en jus, les épluchures issues des conserveries, les résidus de pressage dans les huileries).

Les résidus des cultures et les sous-produits des industries agro-alimentaires peuvent aussi être agrégés au sous-ensemble ci-dessous ; ils s'en distinguent cependant par la possibilité d'un réemploi en petites quantités sur le site agricole, sans traitement soumis à des règles sanitaires strictes.

Les déchets organiques

Ce dernier sous-ensemble contient :

- ▀ la partie biologique des déchets urbains (ou ordures ménagères) ;
- ▀ les boues des stations d'épuration des eaux ;
- ▀ les effluents d'élevage (fumier, lisier, fientes) ;
- ▀ divers déchets d'origine animale (lactosérum et graisses notamment).

Selon les estimations habituelles, les produits de la forêt constituent environ 70 % des ressources, les produits de l'agriculture environ 18 % et les déchets organiques 12 %, exprimées en kilotonnes équivalent pétrole (ktep)⁶.

Valorisation énergétique

Les bioénergies sont livrées sous trois formes :

- ▀ combustibles solides, souvent regroupés sous l'appellation « biomasse solide » ;
- ▀ produits liquides, tels qu'huile végétale pure, bioéthanol, biodiesel, biokérosène ;
- ▀ produits gazeux, biogaz ou, après épuration de ce dernier, biométhane.

Il n'existe pas de lien univoque entre la ressource naturelle et la forme de l'énergie livrée : la biomasse solide incorpore essentiellement des produits de la forêt mais aussi certains résidus de culture, comme la paille des céréales ou la bagasse. Il en va de même du biogaz qui repose largement sur les déchets organiques, les résidus de culture et les sous-produits des industries agro-alimentaires, mais parfois sur des cultures dédiées. Jusqu'à ces dernières années, les biocarburants provenaient de

6. Bioenergy Europe, *Report Biomass Supply 2019*, p. 9. Ces chiffres concernent l'année 2017 et couvrent l'Union européenne à 28 États (le Royaume-Uni étant inclus). Données reproduites avec l'aimable autorisation de Bioenergy Europe.

cultures dédiées, dorénavant ils incorporent d'autres ressources. Ainsi, les évolutions technologiques permettent progressivement d'utiliser tout type de ressource pour fournir toute forme d'énergie.

De ce fait, il devient difficile de remonter jusqu'aux ressources naturelles à partir des données relatives à la consommation. Les statistiques mises en ligne par Eurostat isolent une seule d'entre elle : la partie biologique des déchets urbains, dont le suivi spécifique est imposé par la directive Déchets⁷. Le tableau 2 résume les principaux modes de consommation.

Tableau 2 : Modes de consommation des bioénergies en 2018 dans l'UE27 (en Mtep)

	Combustibles solides	Produits liquides	Biogaz	Déchets urbains
Énergie brute disponible	92,1	17,1	13,9	9,4
Livrée en l'état	65,2	16,0	2,5	1,0
Livrée sous forme d'électricité	6,5	0,2	4,8	1,7
Livrée sous forme de chaleur	10,8	0,2	0,9	2,9

Source : Eurostat, Complete Energy Balances [nrg_bal_c], mise à jour du 10 avril 2020.

Ces résultats appellent divers commentaires.

Combustibles solides (ou biomasse solide)

Avec 92,1 Mtep, les combustibles solides totalisent près de 70 % de l'ensemble des bioénergies brutes disponibles. Sans surprise, les pays dotés de la plus importante couverture forestière (dans l'ordre : Suède, Finlande, France, Espagne et Allemagne)⁸ figurent parmi les pays accordant le plus grand rôle à la biomasse solide dans l'éventail de leurs énergies disponibles. Le classement exprimé en ktep consommées propulse l'Allemagne en tête, en raison d'une politique publique très volontariste, mais ménage aussi un rang élevé aux pays importateurs (Danemark et Italie notamment).

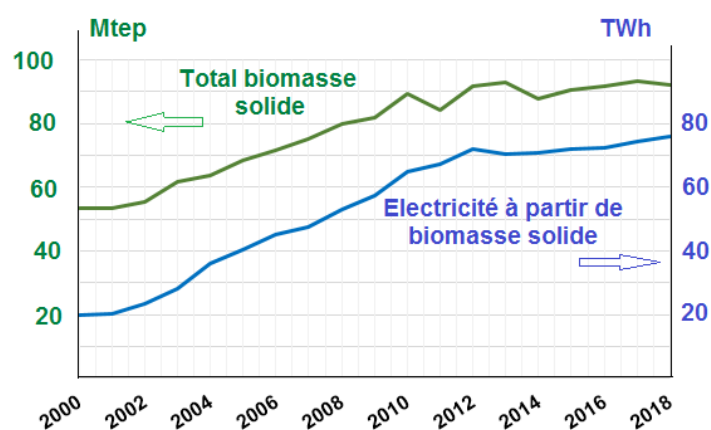
7. Directive 2008/98/CE, modifiée par la directive (UE) 2018/851.

8. Eurostat, Surfaces boisées – Superficie exploitable [for_area], classement de 2015.

À l'échelle de l'UE27, les volumes issus de combustibles solides ont connu une croissance rapide de 2000 à 2010 (+ 5,3 % par an en moyenne), année depuis laquelle ils restent relativement stables. En majeure partie (65,2 Mtep, soit 71 %), la commercialisation de la biomasse solide continue à se faire en l'état, sous forme de produits standardisés (bûches, plaquettes forestières ou granulés), le consommateur final disposant des appareils nécessaires pour leur usage sur place (chaudière, four, poêle...). La livraison sous forme de granulés bénéficie d'un fort engouement, le produit étant facile à manipuler, à stocker, et bien adapté aux brûleurs modernes. L'UE a multiplié par près de 100 sa production de granulés entre 2000 et 2018, mais cette production (17 Mt) ne couvre que deux tiers des besoins, qui ont dépassé 25 Mt. Le solde est donc importé et a représenté en 2018 environ 4 % de toute la biomasse solide consommée⁹.

La part livrée sous forme d'électricité a augmenté à un rythme soutenu (multiplication par 3,8 entre 2000 et 2018), comme le montre le tableau 3 ; il en va de même pour celle livrée sous forme de chaleur, généralement par un réseau local (multiplication par 3,3). Le processus de transformation en électricité ou en chaleur entraîne des pertes d'énergie ; celles-ci sont passées en 18 ans de 4 % à près de 11 % du contenu énergétique initial de la biomasse. La plupart des pays européens encouragent en effet la production d'électricité à partir de biomasse au moyen de diverses aides financières.

Tableau 3 : Croissance comparée de l'énergie disponible et de l'énergie livrée sous forme d'électricité



Source : Eurostat, Complete Energy Balances [nrg_bal_c], mise à jour du 10 avril 2020.

9. Les données sur la production et les importations de granulés proviennent des statistiques de la FAO. Pour calculer le ratio des importations sur la consommation, l'auteur a converti les tonnes de granulés en tep, avec les facteurs de conversion de 4,9 GWh/t fourni par l'association France-Pellets et 0,086 ktep/GWh proposé par le site Connaissance des Energies. Sources : www.fao.org, rubrique "Forêts – Production et Commerce" ; <http://france-pellets.com> ; www.connaissancedesenergies.org.

Attention à l'effet trompeur des unités : avec 76 térawattheures (TWh) en 2018, l'électricité ne représente encore que 7 % de l'énergie totale issue de biomasse solide (soit 6,5 Mtep sur les 92,1 Mtep disponibles – voir tableau 2).

Produits liquides (biocarburants)

La classification internationale, appliquée dans l'UE, distingue quatre types de bioénergies commercialisées sous forme liquide : deux carburants pour moteurs à combustion interne (bioéthanol et biodiesel), un carburant pour moteurs d'avion (biokérosène) et « autres ». Dans cette dernière catégorie figurent par exemple les huiles végétales pures (utilisées parfois par des machines agricoles mais rarement autorisées ailleurs) et le biofioul, utilisé comme combustible de chauffage à la place du fioul domestique. En 2018, ces « autres bioliquides » représentaient moins de 0,01 % des bioénergies liquides ; on les négligera donc dans la suite de l'étude.

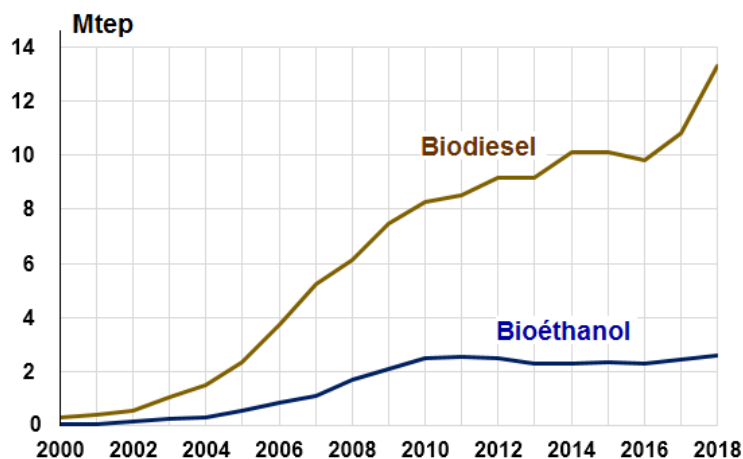
Comme l'indique le tableau 2, la part des bioénergies liquides valorisées sous forme d'électricité ou de chaleur demeure faible ; l'essentiel est vendu sous forme de biocarburants destinés à l'usage transport. Parmi ces derniers, le biokérosène ne constitue qu'une fraction infime des produits livrés (7 Mtep, soit 0,04 %). Après traitement, les biocarburants consommés par le secteur des transports au sein de l'UE27 en 2018 se répartissent donc quasi exclusivement en biodiesel (12,8 Mtep, soit 83 % du total des biocarburants) et bioéthanol (2,6 Mtep, soit 17 % du total)¹⁰.

L'utilisation des biocarburants se fait par incorporation aux carburants fossiles. Tous les véhicules à essence neufs peuvent rouler avec un mélange incorporant jusqu'à 10 % en volume de bioéthanol (carburant SP95 – E10) ; les plus anciens acceptent un mélange à hauteur de 5 % de bioéthanol (carburant SP98 – E5). Au-delà de ce taux, un réglage spécial est nécessaire, notamment pour les véhicules « flex fuel », aptes à un mélange contenant jusqu'à 85 % de bioéthanol (E85), distribué par des pompes spécifiques. Tous les véhicules diesel peuvent rouler avec un mélange incorporant jusqu'à 10 % de biodiesel (carburant B10).

Le tableau 4 illustre la croissance rapide de la consommation des biocarburants, tout particulièrement celle du biodiesel, qui a accompagné la diésélisation du parc automobile européen depuis le tournant du millénaire. Le baromètre EurObserv'ER explique le rebond de croissance entre 2016 et 2018 par le relèvement des taux d'incorporation des biocarburants mis en œuvre par plusieurs États¹¹.

10. Source des deux alinéas : Eurostat, *Complete Energy Balances* [nrg_bal_c], lignes « Final Consumption – Transport Sector – Energy Use », mise à jour du 10 avril 2020.

11. Eurobserv'ER, *Baromètre Biocarburants*, septembre 2019.

Tableau 4 : Production de biocarburants au sein de l'UE 27

Source : Eurostat, Complete Energy Balances [nrg_bal_c] – Final Consumption - Energy Use, mise à jour du 10 avril 2020.

En 2018, le bioéthanol constituait 3,9 % de la consommation des véhicules à essence et le biodiesel 7,2 % de celle des véhicules à moteur diesel¹². Comme pour la biomasse solide, ces moyennes cachent de grands écarts, eux-mêmes conséquences des politiques publiques. La Suède se situe ainsi très nettement au-dessus de tous les autres pays, une politique ambitieuse ayant par exemple amené la part du biodiesel à près de 29 % de la consommation de carburant pour moteurs diesel.

Les politiques nationales consistent à imposer aux vendeurs de carburants :

- soit une réduction des émissions en gaz à effet de serre (GES) par rapport à celles qui surviendraient si le carburant vendu était entièrement d'origine fossile ;
- soit un taux minimal de biocarburant dans les volumes mis en vente.

Le non-respect de l'obligation entraîne le paiement d'une pénalité, d'un montant plus ou moins dissuasif. Le tableau 5 compare le niveau de l'obligation avec le résultat pour le carburant destiné aux moteurs diesel sur un échantillon de pays.

12. Eurostat, Complete Energy Balances, op. cit.

Tableau 5 : Relation entre l'obligation réglementaire et la part du biodiesel (en %)

	Obligation		Résultat
	Réduction d'émissions	Incorporation minimale	Part du Biodiesel
Suède	19,2		28,8
Allemagne	4		5,4
Rép. Tchèque	3,5	6	5,3
Finlande	15		10,4
France		7,7	8,2
Slovaquie		5,8	6,8
Espagne		6	6,4
Italie		7	5,3
Pologne		7,5	4,9
Roumanie		6,5	4,4

Sources : *Obligation* : USDA, Global Agricultural Information Network, Biofuel Mandates in the EU by Member State in 2019, 27 juin 2019 ; *Résultat* : Eurostat, Complete Energy Balances, op. cit.

L'UE importe une part significative des biocarburants qu'elle consomme : pour 2019, les importations sont estimées à 8 % pour le bioéthanol et 17 % pour le biodiesel. Ces chiffres incluent les produits finis et les produits de base (par exemple l'huile de soja ou l'huile de palme pour la production de biodiesel) après transformation. En 2018, le bioéthanol importé provenait principalement des États-Unis, tandis que l'Argentine et l'Indonésie fournissaient l'essentiel du biodiesel importé, l'UE ayant levé, fin 2017, les taxes mises en place en 2013 à l'encontre des exportations de ces pays, suite à des cas de fraude. Les importations fluctuent au gré des différentiels de prix entre la production européenne et celle des pays exportateurs ; elles sont passées par un point bas en 2015 avant de remonter rapidement les années suivantes. La seule indication publique des sommes en jeu concerne les exportations de bioéthanol depuis les États-Unis en 2018, évaluées à 186 millions de dollars¹³.

13. USDA, Global Agricultural Information Network, *EU Biofuels Annual 2019*, 15 juillet 2019, p. 17 et 26.

Pour le biodiesel, le traitement des produits de base a reposé longtemps sur la filière de transestérification ; depuis quelques années, le procédé d'hydrotraitement vient concurrencer cette voie traditionnelle. L'hydrotraitement procure deux avantages majeurs : en premier lieu, on peut mélanger dans les intrants diverses formes de matières grasses, y compris des huiles usagées ou des graisses animales ; en second lieu, le biocarburant obtenu, dit HVO (*Hydrogenated Vegetable Oil*), présente des caractéristiques quasiment identiques à celles du diesel issu de produits pétroliers, nettement meilleures que celles du biodiesel issu de transestérification. On peut donc le mélanger au carburant courant sans incidence sur les moteurs (*drop-in fuel*).

Biogaz et biométhane

En l'absence d'air, la décomposition naturelle des substances organiques, appelée fermentation anaérobie, produit un mélange gazeux composé principalement de méthane, accompagné, en moindres quantités, de gaz carbonique et d'autres substances gazeuses, telles que le sulfure d'hydrogène et l'oxyde de carbone. Le résidu, en partie solide et en partie liquide, appelé digestat, constitue un amendement végétal riche en sels minéraux, utilisable en remplacement ou en complément des engrais chimiques. Mis en œuvre dans des installations modernes, ce processus connaît un développement récent du fait de la valorisation du gaz dégagé :

- ▀ Soit par combustion du biogaz sur le site pour la production de chaleur, d'électricité ou des deux (par cogénération) ;
- ▀ Soit par purification du biogaz jusqu'à obtention de biométhane et injection de ce dernier dans un réseau de gaz naturel ou emploi local en carburant.

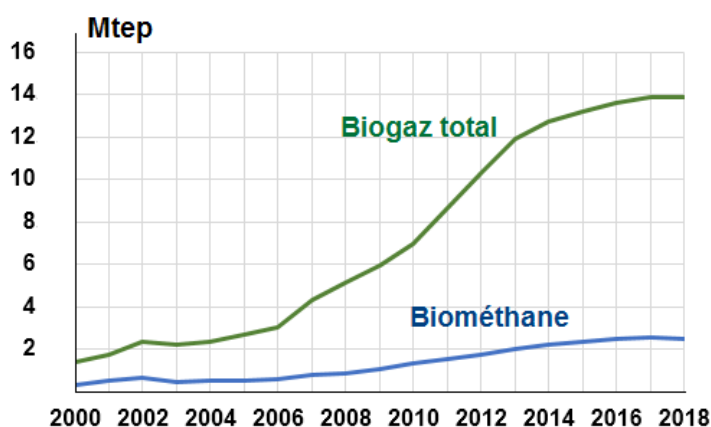
Le biogaz provient essentiellement des ressources suivantes :

- ▀ Récupération du gaz émis par les déchets enfouis dans des décharges, à l'aide d'un dispositif de captage ;
- ▀ Fermentation des résidus solides (« boues ») provenant des stations d'épuration des eaux usées ;
- ▀ Méthanisation des déchets agricoles (notamment les déjections animales et les résidus après récolte), des déchets industriels (tout particulièrement agro-alimentaires), ou des déchets ménagers, après élimination de la partie non fermentescible, ou enfin des produits de cultures dédiées. L'Allemagne et à un moindre degré l'Autriche ont ainsi subventionné des cultures de denrées alimentaires destinées à la méthanisation, tout particulièrement maïs ou colza, quitte à en

importer parallèlement pour la consommation.

En 2018, l'UE27 a produit 13,9 Mtep de biogaz, dont on a tiré 2,5 Mtep de biométhane (ce qui équivaut à 0,2 % du gaz naturel consommé), 4,8 Mtep d'électricité (55 TWh, soit 2 % de l'électricité consommée) et 0,9 Mtep de chaleur. L'énergie valorisée sous forme de biométhane demeure modeste au regard du volume total de biogaz produit (tableau 6), car les pays pionniers ont privilégié la commercialisation sous forme d'électricité et de chaleur grâce à des aides publiques ciblées vers ces deux vecteurs.

Tableau 6 : Production totale de biogaz et fraction valorisée sous forme de biométhane (UE 27 – 2018)



Source : Eurostat, Complete Energy Balances [nrg_bal_c], mise à jour du 10 avril 2020.

On peut utiliser le biométhane, seul ou mélangé au gaz naturel, comme carburant. En 2018, il représentait 4 % du gaz destiné au secteur des transports, soit moins de 0,1 % de la totalité des carburants consommés par ce secteur.

Certains pays européens comme la France ou l'Italie connaissent actuellement un boom des projets de biométhane : ainsi en France, les objectifs assignés pour 2023 par l'État sont déjà en passe d'être atteints par les projets approuvés. En Italie, la filière est tirée par l'utilisation du biométhane dans le secteur du transport. Cette multiplication des projets devrait donner lieu à une production totale qui représenterait désormais environ 1,5 % de la consommation européenne totale de gaz en 2020. Les défis restent toutefois nombreux : réduction des coûts dans un contexte de gaz naturel extrêmement bon marché ; acceptation sociale ; savoir-faire technique et gestion des installations, notamment pour éviter les fuites de méthane ; réduction de l'empreinte carbone lors de la collecte des intrants ; impacts sur la biodiversité des cultures intermédiaires. Le potentiel d'accroissement de la production demeure très important, à condition que ces défis soient relevés.

Évolutions réglementaires récemment adoptées

Exigences relatives à la durabilité des bioénergies

Jusqu'au début des années 2000, l'opinion publique portait un regard bienveillant sur les biocarburants. Les critiques ont émergé à la fin de la décennie, lorsqu'on les a accusés de contribuer à la flambée du prix des denrées alimentaires, puis au début des années 2010, sous le reproche qu'ils encourageaient indirectement la déforestation dans les pays tels que le Brésil, l'Indonésie ou la Malaisie, par un processus intitulé « changement indirect d'affectation des sols » (CIAS). En conséquence, l'UE a durci à plusieurs reprises sa réglementation jusqu'en 2018 et envisage désormais de limiter progressivement leur usage aux seuls biocarburants dits « avancés », qui proviennent exclusivement de matières organiques non utilisables pour l'alimentation humaine ou animale.

Résumé de la nouvelle directive sur la promotion des énergies renouvelables

Adoptée le 11 décembre 2018, la directive RED II restreint la contribution des bioénergies à l'objectif national, et donc leur éligibilité à des aides financières, à celles qui satisfont aux critères suivants¹⁴ :

- a) Elles ne proviennent pas de terres présentant une grande valeur en termes de diversité biologique, telles que forêts primaires, surfaces boisées riches en espèces, zones affectées à la protection d'espèces rares, prairies naturelles...
- b) Lorsqu'elles sont issues de l'agriculture, elles ne sont pas produites à partir de terres possédant en janvier 2008 le statut de zone humide, zone forestière ou tourbière.
- c) Lorsqu'elles sont issues des déchets et résidus de l'agriculture, il existe des plans de gestion relatifs à la qualité des sols et leur teneur en carbone.

14. Directive 2018/2001 relative à la promotion des énergies renouvelables, article 29. Les critères sont ici fortement résumés ; ils emplissent quatre pages de la directive.

- d) Lorsqu'elles sont issues de zones forestières, il est possible de prouver la légalité des opérations de récolte, la régénération effective de la forêt et le maintien de sa capacité de production à long terme. En outre, le pays d'origine doit avoir ratifié l'accord de Paris sur le climat et doit garantir que les modifications apportées au stock de carbone sont prises en compte dans sa contribution déterminée au niveau national.
- e) Leur utilisation entraîne une réduction des émissions de GES comprise entre 50 et 65 % pour les biocarburants et le biogaz consommés dans les transports (en fonction de la date de mise en service des installations) et entre 70 et 80 % pour les bioénergies consommées sous forme d'électricité ou de chaleur. Pour ces dernières, toute installation d'une puissance thermique supérieure à 50 mégawatts (MW) devra atteindre un haut rendement.

Ces exigences ne s'appliquent pas aux très petites installations produisant de la chaleur ou de l'électricité (moins de 20 MW thermique pour la biomasse solide et moins de 2 MW pour le biogaz). La directive influe par ailleurs sur l'éventail des biocarburants et du biogaz utilisés dans le secteur des transports par deux dispositions additionnelles aux précédentes :

- f) Dans chaque État, les biocarburants produits à partir de cultures destinées à l'alimentation humaine et animale ne contribuent à l'objectif national que pour la part atteinte en 2020, majorée de 1 % et plafonnée à 7 %. Pour les biocarburants engendrant un effet CIAS, ce plafond chutera à 0 % entre 2024 et 2030, suivant une trajectoire qui sera précisée en 2023. Cette clause s'applique à l'huile de palme produite dans de grandes exploitations, dont le volume sera en outre plafonné à son niveau de 2019 entre 2021 et 2023 ; le cas des autres cultures sera réexaminé le 30 juin 2021¹⁵.
- g) Les autres sources renouvelables bénéficient de bonification dans l'évaluation de leur contenu énergétique ; il est par exemple multiplié par quatre pour l'électricité d'origine renouvelable dans les transports routiers et par deux pour tous les biocarburants dits « avancés » ainsi que pour le biogaz-carburant issu des mêmes matières organiques que ceux-ci (que nous désignerons par « biogaz avancé » dans la suite de l'étude). Ces deux derniers types d'énergie reçoivent un autre soutien important, puisque la directive comporte l'obligation que dans chaque pays leur consommation passe d'au moins 0,2 % en 2022 à au moins 3,5 % dans le secteur des transports en 2030 (en valeur bonifiée, soit respectivement 0,1 % et 1,75 % en volumes réels). La directive permet aux États qui le souhaitent d'imposer leur vente à tout fournisseur d'énergie.

15. Règlement délégué 2019/807 du 13 mars 2019.

Commentaires

Les conditions repérées a) à c) ci-dessus impliquent la mise en œuvre de procédures de certification et de contrôle dont les États et la CE sont familiers.

Le contrôle du critère d), sur la régénération de la forêt, le maintien de sa capacité productive et la comptabilisation du stock de carbone, pourrait se révéler plus complexe ; il implique une coopération étroite entre les organismes certificateurs et les pouvoirs publics locaux. La CE adoptera en janvier 2021 un acte délégué définissant les modalités à appliquer pour le respect de cette exigence.

En 2019, environ 52 % des surfaces forestières exploitables dans l'UE27 avaient reçu la certification PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) et 26 % la certification FSC (Forest Stewardship Council)¹⁶. Les superficies certifiées ne s'additionnent pas, certaines forêts recevant une double certification, ce qui veut dire qu'au moins 22 % des forêts européennes ne sont pas certifiées.

Pour le respect de la clause e), il conviendra de compléter les dispositions existantes par une comptabilisation des émissions de GES tout au long de la chaîne d'approvisionnement : plantation et entretien, abattage et traitement, transport et manutention... On ne dispose malheureusement guère d'études évaluant ces émissions pour les produits forestiers, mais les valeurs par défaut fournies par la directive soulignent l'impact important du transport sur le résultat final, ce qui pourrait disqualifier certaines importations.

Un consortium de chercheurs avait remis en mai 2017 une analyse prévisionnelle sur l'impact des clauses a) à e), dans une version préliminaire, avant leur rédaction finale. Cette analyse, dite « Biosustain Report » prévoyait que les exigences nouvelles conduiraient à un tassement d'environ 12 % de la disponibilité des bioénergies à l'échéance 2030, par rapport au niveau envisageable dans le prolongement des tendances antérieures. Le recul apparaissait très sensible pour le bois utilisé comme combustible dans l'industrie ou les grandes installations, en raison du retrait des volumes non certifiés après 2020, entraînant une baisse de 26 % des ressources européennes et 38 % des importations¹⁷. Une partie du bois

16. Sources : Calculs de l'auteur à partir des données PEFC, *Global Statistics*, December 2019, p. 5 et FSC, *Facts & Figures*, 4 décembre 2019, p. 3, rapportées aux données fournies par Eurostat, *Superficie boisée [for_area] - Superficie exploitable (UE 27)*, mis à jour le 24 février 2020.

17. Final Report from PricewaterhouseCoopers EU handed on behalf of the consortium to the European Commission, *Sustainable and Optimal Use of Biomass for Energy in the EU beyond 2020*, mai 2017, p. 141.

utilisé par les particuliers échappe à toute certification et ne subira donc pas de changement.

Sur le plan géopolitique, selon l'exigence d), les importations en provenance des États-Unis devraient cesser en 2021, puisque ce pays s'est retiré de l'accord de Paris. En 2018, leurs volumes avaient dépassé 35 % des importations pour le bioéthanol et 59 % pour les granulés de bois. En vertu de l'exigence f), les importations d'huile de palme devraient chuter après 2023 ; elles représentaient plus de 75 % des quantités importées pour la production de biodiesel en 2018¹⁸.

Exigences relatives au secteur des terres et de forêts

Résumé

L'objectif que l'UE s'était fixé pour 2020, à savoir réduire ses émissions de GES de 20 % par rapport à leur niveau de 1990, ne prenait pas en compte celles provenant du secteur dit UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)¹⁹. Par évolution, on entend ici soit la transformation d'un type de sol en un autre (terre cultivable, zone humide, prairie naturelle, surface boisée), soit la variation du couvert forestier (déforestation ou reboisement). Les émissions concernées reflètent la variation du stock de carbone contenu par ces terres : relargage de CO₂ par drainage d'une zone humide, par exemple, ou absorption due à la croissance des arbres après une reforestation²⁰.

Les émissions du secteur UTCATF sont désormais soumises à un cadre réglementaire spécifique, adopté le 30 mai 2018 (Règlement 2018-841). Au cœur de ce règlement figure un principe simple : chaque État veille à ce que les émissions du secteur soient compensées par des absorptions au moins équivalentes du CO₂ présent dans l'atmosphère. L'égalité est mesurée sur une période de 5 ans, d'abord 2021 à 2025, puis 2026 à 2030.

Les forêts font l'objet de dispositions particulières. Chaque État calcule la variation des émissions non pas sur la période de 5 ans, mais au

18. Source : USDA, Global Agricultural Information Network, *EU Biofuels Annual 2019*, 15 juillet 2019. Ces chiffres restent approximatifs, car les codes du commerce international ne précisent pas toujours l'usage final des produits importés.

19. LULUCF en anglais pour *Land Use, Land Use Change and Forestry*.

20. Remarque : Les émissions des activités humaines sur ce secteur (par exemple celles des machines employées en agriculture ou sylviculture) sont incluses dans un autre texte, dit « règlement sur le partage du fardeau » ou ESR (*Effort Sharing Regulation*), qui englobe les émissions de toutes les activités diffuses (transports, commerce, habitat...).

regard d'un niveau de référence²¹, fondé sur la plage allant de 2000 à 2009. Dans la détermination de ce niveau de référence, l'État conserve le rapport observé de 2000 à 2009 entre les utilisations industrielle et énergétique. En dernier lieu, le bois récolté pour un usage énergétique est considéré comme émettant immédiatement son contenu en carbone alors que le bois à usage industriel est considéré comme préservant le stock de carbone initial pendant une durée de 2 à 35 ans selon son emploi (papier, panneaux, menuiserie, charpente...).

Commentaires

Le règlement UTCATF renforce la cohérence du dispositif européen relatif à la lutte contre le changement climatique. L'UE vise pour 2030 une réduction de 40 % de ses émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990. Une réévaluation à 50 %, voire 55 % de l'objectif 2030 est envisagée dans le cadre du Pacte Vert européen (*Green Deal*) annoncé en décembre 2019. Il aurait été incompréhensible que cette réduction soit exigée tout en ignorant la situation d'un secteur significatif à l'échelle européenne.

Le règlement clarifie par ailleurs le caractère « renouvelable » attribué à la biomasse solide. Les émissions sont comptabilisées non pas au moment de la combustion mais au moment de la récolte, par la variation du stock de bois contenu dans la forêt. La reconstitution du stock initial, donc le « renouvellement » de l'énergie, dépend de la durée de croissance des arbres.

Comme l'indique l'exposé des motifs, le règlement UTCATF poursuit deux buts : d'une part, encourager le stockage du carbone par les milieux naturels, plus spécifiquement par l'accroissement du couvert forestier, d'autre part, favoriser l'utilisation du bois récolté sous forme de produits à longue durée de vie. En première analyse, le règlement devrait donc freiner la valorisation énergétique du bois récolté en Europe. Les États trouveront probablement plus avantageux de compenser les dépassements d'émissions de certains secteurs difficiles à gérer (agriculture, transports) grâce aux crédits issus de l'accroissement des surfaces boisées et de stimuler l'emploi du bois en remplacement de matériaux dont la production est très émettrice de GES, par exemple dans le bâtiment en substitution au béton.

Une analyse plus fine pourra cependant évaluer les marges de développement dont dispose la filière bois-énergie (dans la limite de l'acceptabilité sociale d'une exploitation rationnelle des forêts, qui se

21. Ce niveau de référence est souvent désigné par son acronyme FRL (*Forest Reference Level*).

heurte parfois à des oppositions locales). Une telle analyse nécessite que la CE ait validé le niveau de référence à partir duquel chaque État calculera sa position débitrice ou créditrice (communication prévue pour octobre 2020). Les marges de développement prendront en considération le fait qu'une partie substantielle de la biomasse solide valorisée sous forme d'énergie provient des arbres abattus à d'autres fins : il s'agit de la cime, des branches de faible diamètre et du menu bois, non exploitables pour des usages « nobles ».

Sans attendre de recevoir la notification de ce niveau de référence, chaque État était tenu d'établir un Plan national Énergie-Climat (PNEC) pour la période 2020-2030. En parcourant un échantillon de cinq PNEC transmis à la CE fin avril 2020, il apparaît que quatre d'entre eux prévoient un recours accru à l'énergie issue de biomasse solide, dont trois de manière significative en valeur absolue (Finlande, France et Suède). Ces États affichent tous un recul des absorptions de GES par le secteur UTCATF (tableau 7), mais sans préciser la part incombant spécifiquement aux forêts.

Tableau 7 : Variation de l'usage énergétique de la biomasse et GES (2020-2030)

	Utilisation énergétique de la biomasse		Absorption de gaz à effet de serre par le secteur UTCATF	
	Variation		Variation	
	Mtep	%	Mteq CO ₂	%
Danemark	- 0,2	- 5 %	- 1,5	- 1,5 %
Finlande	+ 1,5	17 %	- 7	- 29 %
France	+ 4,2	39 %	- 11,8	- 29 %
Italie	+ 0,2	2 %	2,6	- 10 %
Suède	+ 4	3 %	- 0,8	- 2 %

Source : Plans nationaux Énergie-Climat²²

Le signe négatif signifie que l'écart entre les émissions et les absorptions s'amenuise, bien que les absorptions demeurent supérieures aux émissions.

22. L'auteur a utilisé les données des pages suivantes pour calculer les ratios relatifs à l'énergie et aux absorptions : Danemark, 45 et 142 ; Finlande, 51 et 138 ; France, 59 à 64 et 146 ; Italie, 70 à 73 et 62 ; Suède, 21 à 22 et 127. Pour l'Italie, le point de départ se réfère parfois à l'année 2017. Pour la France, certaines données initiales se situent en 2016 et finales en 2028 et comportent des chiffres issus de : Commissariat général au développement durable, DATALAB, *Chiffres clés des énergies renouvelables* (éd. 2019), mai 2019, p. 24. Les PNEC sont consultables sur le site : <https://ec.europa.eu>.

Aucun PNEC ne mentionne la proportion de produits forestiers importés dans ses prévisions. Le PNEC suédois indique sans détour que « *l'État n'assurera aucun contrôle sur le partage entre la production intérieure et les importations ; ce partage dépendra des forces du marché* » (page 22)²³. Importer des granulés de bois ou des plaquettes forestières destinées au secteur de l'énergie permettrait d'augmenter la production de sources renouvelables tout en conservant le bénéfice d'un couvert forestier national contribuant à l'absorption des émissions des autres secteurs. Le règlement UTCATF exclut en effet explicitement les importations dans le calcul des émissions²⁴.

Malgré le recul annoncé par leurs PNEC, les cinq pays étudiés affichent encore un solde créditeur en 2030 (absorptions de CO₂ par les forêts excédant leurs émissions). À l'échelle de l'UE27, le solde dû au couvert forestier avoisinait 345 millions de tonnes équivalent CO₂ (Mteq CO₂) en 2017, et contribuait donc à absorber 8,7 % des émissions de l'ensemble des autres secteurs, évaluées à 3 976 Mteq CO₂ cette année-là²⁵.

Le chapitre 3 montrera que le secteur UTCATF joue un rôle important dans la perspective d'une neutralité climatique en 2050.

23. Traduction de l'auteur.

24. Annexe V, Aspects méthodologiques, troisième alinéa.

25. Eurostat, *Greenhouse Gas Emissions by Source Sector* (source : EEA) [env_air_gge], mise à jour du 24 février 2020.

Remarque : Le solde créditeur de 345 Mt mentionné ici correspond aux seules terres forestières. Sur les autres terres du secteur UTCATF la quantité de carbone stocké diminue, de sorte que le solde créditeur du secteur UTCATF dans son ensemble se réduisait à 248 Mt en 2017.

L'objectif de neutralité climatique à l'horizon 2050 : ruptures et perspectives

Le rôle majeur des bioénergies pour atteindre la neutralité carbone

Sur le plan communautaire, le Conseil européen a retenu le principe de neutralité climatique en 2050, bien que la Pologne ait refusé de s'engager à ce stade²⁶. La CE a déposé le 4 mars 2020 une proposition de règlement²⁷ qui, si elle est adoptée, donnera une valeur contraignante à cet objectif. La proposition ne comporte pas d'étude d'impact, la CE considérant que celle de 2018 garde sa pertinence²⁸. Cette étude reposait sur six scénarios, bâtis chacun sur une hypothèse centrale, telle que préférence pour l'électricité, ou l'hydrogène, ou les carburants de synthèse, etc. Aucun de ces scénarios n'aboutissait à la neutralité en 2050, en raison d'émissions résiduelles de certains secteurs. Pour y parvenir, le document envisageait deux scénarios complémentaires, intitulés 1.5TECH et 1.5LIFE, reprenant une combinaison des hypothèses précédentes, assortie de « puits de carbone » comme le captage du CO₂ dans l'air ambiant ou sur le lieu de combustion ; il est ensuite dirigé vers un stockage de longue durée ou vers des usages directs, tels que les carburants de synthèse et les produits synthétiques (en substitution aux matières plastiques issues de la chimie du pétrole)²⁹.

Le scénario 1.5TECH prévoyait un niveau de captage extrêmement élevé (606 MtCO₂ par an à partir de 2050), dont quasiment 50 % (298 MtCO₂ par an) destinés à un stockage permanent. Cette hypothèse

26. Secrétariat général du Conseil, Conclusions de la réunion du conseil EUCO29/19 du 12 décembre 2019, disponible sur: www.consilium.europa.eu.

27. Commission européenne, *Proposition de règlement établissant le cadre requis pour parvenir à la neutralité climatique*, COM (2020)-80, 4 mars 2020.

28. European Commission, *In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018)-773*, 28 novembre 2018. Les données présentées aux deux alinéas suivants proviennent de l'annexe à ce texte (*Supplementary Information*), tableaux 87, 88 et 89.

29. Remarque : Le captage peut s'appliquer à toute combustion, qu'il s'agisse de combustible fossile ou de biomasse. Dans le cas de la biomasse, on parle parfois de BECCS : *Biomass for Energy with Carbon Capture and Storage* ou BECCU : *Biomass for Energy with Carbon Capture and Utilisation*.

rejoint certains scénarios du GIEC³⁰, dans lesquels le captage et le stockage du CO₂ conservent une place irremplaçable (au même titre, incidemment, que l'énergie nucléaire). La plausibilité de ce scénario suppose deux avancées. D'une part, réduire la consommation d'énergie et le coût des techniques de captage, objectif visé par divers projets comme ceux de Dunkerque et Rotterdam, afin de démentir un scepticisme fréquent sur la faisabilité³¹. D'autre part, faire accepter un stockage massif et perçu comme potentiellement à risque par une population européenne souvent hostile aux nouvelles infrastructures, éoliennes ou lignes à haute tension par exemple. Ce second objectif ne semble pour l'instant atteint qu'en Norvège où le site de Sleipner stocke environ 1 MtCO₂ par an depuis 1996 en mer du Nord.

Le scénario 1.5LIFE privilégie le secteur UTCATF comme puits de carbone. Ce scénario inclut aussi des volumes de captage (281 MtCO₂ par an) et de stockage géologique (80 MtCO₂ par an) que l'on peut toutefois considérer comme excessifs. Dans le scénario 1.5LIFE, le secteur UTCATF absorbe 460 MtCO₂ en 2050, l'essentiel provenant d'une bonne gestion de la forêt (263 MtCO₂ par an) et d'une extension des surfaces boisées (193 Mt par an)³². Détaillons deux aspects :

- La bonne gestion des forêts consiste à remplacer les arbres arrivés à maturité et les bois morts, qui n'absorbent plus de CO₂, par des arbres en phase de croissance jouant le rôle de « pompe » à CO₂ ; le reboisement se fait en laissant croître les pousses naturelles ou en replantant. Cette gestion comprend aussi les actions nécessaires à la pérennité de la forêt, par exemple le débroussaillage régulier, pour limiter la propagation des incendies, ou l'introduction progressive d'essences résistantes aux maladies et à l'élévation des températures moyennes, conséquence du réchauffement climatique. On améliore enfin le taux de collecte par une bonne programmation et l'emploi de machines adaptées aux terrains difficiles (fortes pentes, sols humides, etc.).
- L'extension des surfaces utiles est rendue possible par une autre hypothèse majeure dans le scénario 1.5LIFE : une évolution des comportements. Elle se traduit notamment par une sobriété énergétique accrue et un changement des régimes alimentaires, avec une réduction de la consommation en produits carnés. Cette réduction

30. GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat.

31. Lire notamment : Agora Energiewende, *The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels*, 19 septembre 2018.

32. L'étude d'impact s'appuie sur les modèles PRIMES-GAINS-GLOBIOM et FORECAST. Les données de référence concernent l'année 2015.

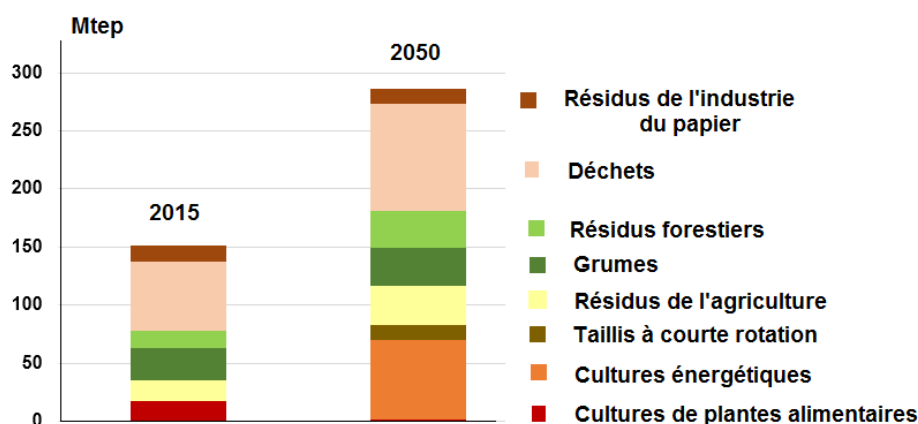
libère des terres, permettant à la fois une extension des aires boisées, l'accroissement des surfaces dédiées aux cultures énergétiques et des pratiques agricoles moins émettrices de GES, grâce à la baisse des rejets en méthane des ruminants et à de moindres besoins en engrais azotés, donc de moindres rejets en protoxyde d'azote. La réhabilitation des terres marginales ou dégradées concourt à l'augmentation des aires disponibles³³.

Le scénario prévoit une hausse considérable des ressources en bioénergies, sans préciser comment le modèle a pris en compte les contraintes sur leur durabilité, instaurées par la directive RED II. Cette hausse se trouve confirmée par plusieurs études indépendantes partant d'hypothèses voisines³⁴. Elle se résume ainsi : sous réserve de pratiques forestières et agricoles durables, les quantités de bioénergies disponibles à l'horizon 2050 peuvent augmenter sensiblement grâce à l'accroissement des cultures énergétiques, des déchets biodégradables ainsi que des résidus de l'agriculture et de la sylviculture. Le tableau 8 en donne un exemple. Ce tableau attire notre attention sur un point singulier : la nature des ressources futures élargit le choix entre une valorisation par combustion directe, ou par production de biocarburants, ou par transformation en biogaz.

33. L'expression « terres marginales » désigne habituellement les terres difficiles d'accès, ou soumises à un climat défavorable, ou trop acides, etc. Les « terres dégradées » constituent un sous-ensemble des terres marginales, limité à celles ayant atteint un seuil de salinisation ou une érosion de la couche arable les rendant impropres aux cultures alimentaires. La directive RED II ne mentionne que les terres dégradées.

34. Deux méta-études listent une série d'analyses corroborant cette conclusion : A. P. C. Faaij, *Securing Sustainable Resource Availability of Biomass for Energy Applications in Europe: Review of Recent Literature*, novembre 2018 ; Project ADVANCEFUEL, R. Hoefnagels et S. Germer, *Supply Potential, Suitability and Status of Lignocellulosic Feedstocks for advanced biofuels - D2.1 Report on Lignocellulosic Feedstock Availability, Market Status and Suitability for RES Fuels*, 15 novembre 2018. Ces études ne contredisent pas l'analyse *Biosustain Report* mentionnée en deuxième partie, puisqu'elles reposent sur des hypothèses visant précisément à éviter un affaissement de la part des bioénergies.

**Tableau 8 : Ressources en bioénergies en 2050
selon le scénario 1.5LIFE**



Source : Commission européenne, In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018)-773, Supplementary Information, 28 novembre 2018, schéma 84³⁵.

Dans la suite de ce chapitre, nous supposons que toute l'UE27 adopte les pratiques d'agroforesterie et agroécologie qui sous-tendent le scénario 1.5LIFE.

Perspectives pour les combustibles solides

Toutes les projections aux horizons 2030 à 2050 comportent une part de produits ligneux provenant de la gestion des forêts et de l'augmentation des volumes de bois à usage industriel. Celle-ci entraîne mécaniquement une augmentation des résidus et des objets en bois arrivant en fin de vie : on parle d'effet « cascade »³⁶.

Durant les dernières décennies, plusieurs pays ont déployé des efforts de recherche soutenus afin de convertir la biomasse solide en produits gazeux, par pyrolyse ou gazéification. Se heurtant à des obstacles techniques, ces travaux n'ont guère dépassé le stade du pilote industriel ou du démonstrateur. Les procédés mis en œuvre sont endothermiques : ils consomment une part non négligeable du contenu énergétique initial des

35. Remarque : L'écart avec les données figurant en première partie s'explique par une différence de nature : ressources de base dans le tableau 8, énergies prêtes à la consommation dans le tableau 2.

36. Remarque : Le bois non traité (palettes par exemple) part dans des chaufferies ordinaires ; lorsqu'il contient des adjuvants toxiques (peintures, laques...) il est dirigé vers des installations d'incinération dotées de filtres à fumée spéciaux.

intrants ou requièrent un apport externe, ce qui dégrade le bilan général et rend dubitatif sur le gain en GES exigé par la directive RED II. Pour les produits ligneux, la combustion directe reste donc la meilleure valorisation.

En dehors de la combustion dans les centrales électriques évoquée au chapitre « Conclusion et recommandations », trois difficultés limitent le développement de la biomasse solide.

La première provient des incertitudes réglementaires pesant sur la ressource. Elles émanent en particulier de la « stratégie pour la biodiversité » récemment publiée par la CE³⁷. Elle prévoit d'étendre les surfaces protégées à 30 % de la superficie terrestre de l'UE et de protéger strictement toutes les forêts primaires ; elle débouchera, dès 2021, sur la révision du règlement UTCAFT et la publication de nouveaux critères de durabilité en matière de biomasse forestière utilisée pour la production d'énergie.

La seconde difficulté concerne les performances énergétiques requises par RED II. Elles favorisent en général les installations fonctionnant en cogénération, mais celles-ci ne trouvent leur équilibre économique qu'à la condition de vendre en continu la chaleur produite. Les besoins en chaleur n'existent pas toujours à proximité des lieux de collecte. Un acheminement du bois sur longue distance est alors envisageable, mais il dégrade le bilan en GES et majore le coût du combustible, du fait de la faible densité énergétique du bois : une tonne de granulés ne contient environ que 0,4 tep³⁸. À défaut de site industriel, on valorise la chaleur au moyen d'un réseau de chaleur, desservant les habitations et activités tertiaires les plus proches. La rentabilité future de tels ouvrages semble incertaine, en raison à la fois des prix souvent très compétitifs des énergies fossiles concurrentes et d'une baisse probable des consommations unitaires, sous la poussée des mesures d'efficacité énergétique. L'objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique de 32,5 % pour 2030, retenu en 2018 dans la directive dite EED, et la « vague de rénovation des bâtiments publics et privés » annoncée en 2019 dans le Pacte Vert, vise précisément à réduire les besoins en chaleur³⁹. La concurrence ne vient pas seulement des énergies fossiles ; l'électricité de source renouvelable conquiert une partie des usages thermiques grâce à la pompe à chaleur, en usage individuel ou collectif.

37. COM (2020) 380 du 20 mai 2020.

38. European Biomass Association (AEBIOM), *2011 Annual Statistical Report on the Contribution of Biomass to the Energy System in the EU27*, juin 2011, p. 7.

39. Directive 2018-2002 du 11 décembre 2018 relative à l'efficacité énergétique, dite EED, et Communication de la Commission Européenne du 11 décembre 2019, « Le pacte vert pour l'Europe », COM (2019) 640.

L'usage collectif permet toutefois d'imaginer une complémentarité : en élevant la température du fluide circulant dans un réseau de chaleur, une pompe à chaleur de grande dimension valorise l'électricité les jours où la demande est faible, tandis que la chaudière au bois assure la charge résiduelle. Cette solution, très gourmande en investissements, nécessite une coordination rigoureuse dès l'étape de la conception.

La dernière difficulté vient des émissions de polluants atmosphériques. Malgré les progrès accomplis dans le traitement des fumées sur les installations collectives et les normes exigeantes introduites sur les appareils domestiques, la combustion du bois engendre encore des rejets atmosphériques de particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et composés organiques volatils (COV). Selon une estimation de l'Agence européenne de l'Environnement, le remplacement de volumes substantiels de fioul et de gaz naturel par la biomasse a accru les rejets de PM_{2,5} (les plus nocives) de 13 % entre 2005 et 2017 sur l'ensemble de l'UE28. Cette augmentation atteindrait 211 % au Danemark, 144 % en Finlande, 127 % en Belgique et 80 % en Estonie⁴⁰, pays qui ont sensiblement accru le recours à la biomasse depuis 2005.

Perspectives pour les biocarburants

Les milieux professionnels distinguent habituellement deux types de biocarburants :

- Biocarburants de première génération (G1) : la plante conditionne le résultat. Les plantes riches en sucre (canne à sucre, betterave...) ou en amidon (céréales) donnent du bioéthanol, au terme d'un processus commençant par une phase de fermentation. Les oléagineux (colza, tournesol, soja...) donnent du biodiesel, soit après transestérification, soit après hydrogénation. Dans la plupart des cas, on exploite la partie comestible de la plante, mais le procédé d'hydrogénation accepte aussi comme matière première les huiles végétales usagées, voire les graisses animales.
- Biocarburants de deuxième génération (G2) : le traitement conditionne le résultat. Les procédés mis en œuvre acceptent un large éventail de matières premières : déchets de bois, pailles et résidus agricoles, plantes non comestibles, huiles de cuisson usagées et graisses animales, certaines micro-algues⁴¹... Les principaux procédés se résument ainsi :

40. Agence européenne de l'Environnement, Eionet Report - ETC/CME 2019/8, *Renewable Energy in Europe – 2019, Recent Growth and Knock-on Effects*, 2019, p. 45 et 81.

41. On appelle parfois « biocarburants de troisième génération » ceux que l'on obtient à partir de micro-algues.

- La voie biochimique (ou hydrolyse enzymatique), la plus développée à ce jour, donne du bioéthanol.
- À ses côtés coexistent deux voies thermochimiques :
 - avec une phase initiale de pyrolyse, produisant un combustible liquide (FPBO – Fast Pyrolysis Bio Oil) susceptible d'être transformé en biocarburant dans une seconde étape, mais celle-ci apparaît encore loin de la maturité technique ;
 - avec une phase initiale de gazéification, délivrant un gaz de synthèse, dit syngaz.
 - Traité par méthanation, le syngaz donne du méthane.
 - Traité par le procédé Fischer-Tropsch, le syngaz peut donner divers biocarburants (bioéthanol, biodiesel, biokérosène); cette filière a atteint le stade du démonstrateur industriel. Les biocarburants issus de cette filière détiennent la qualité « drop-in », qui les rend miscibles avec les carburants d'origine fossile, un avantage précieux pour le biokérosène, en raison des normes strictes de l'aviation.

FPBO et syngaz possèdent une composition différente des produits pétroliers et du gaz naturel, ils ne peuvent donc pas utiliser les mêmes infrastructures (oléoducs ou gazoducs). Ils peuvent néanmoins servir de combustible ; on les regroupe parfois sous l'appellation IBC (Intermediate Bioenergy Carriers).

La directive RED II fixe la part des énergies renouvelables dans la consommation finale du secteur des transports à 14 % dans chaque État, mais elle plafonne la part des biocarburants issus de cultures alimentaires (qu'ils soient G1 ou G2), bonifie fortement l'électricité de source renouvelable et impose un minimum aux biocarburants avancés, 3,5 % de toute l'énergie consommée dans le secteur des transports en 2030 (en valeur bonifiée).

La terminologie européenne restreint la qualification « biocarburants avancés » à ceux qui sont produits à partir de matières organiques non utilisables pour l'alimentation humaine ou animale⁴². Pour ces matières, seuls les procédés G2 conviennent. En 2018, on ne comptait au sein de l'UE27 que dix raffineries exploitant la voie biochimique (dont quatre à l'arrêt) et trois reposant sur l'une des deux voies thermochimiques, face à 260 raffineries G1 (dont 14 par hydrogénation, celles-ci étant de grande

42. On trouve la liste détaillée de ces matières dans l'Annexe IX, partie A de la directive RED II ; il s'agit de matières telles que déchets végétaux, fumier, boues d'épuration, algues, matières celluloseuses non alimentaires et certains résidus agricoles ou de sylviculture. Les huiles de cuisson usagées et les graisses animales en sont exclues.

capacité)⁴³. Comment stimuler les investissements en faveur des biocarburants avancés ?

Dans les enquêtes, les opérateurs européens soulignent que les incertitudes réglementaires représentent le principal obstacle à l'investissement⁴⁴. Un soutien public, fort et stable sur longue période, reste indispensable, sous forme d'obligation d'incorporation et/ou de dégrèvement fiscal, pour compenser l'écart de prix entre les carburants fossiles et les biocarburants, sachant que les producteurs européens devront assumer seuls l'éventuel écart de prix entre leurs produits et les produits importés. Or le soutien public se révèle aléatoire. Alors que les délais d'étude et de réalisation d'une raffinerie s'étalent entre cinq et douze ans, la législation communautaire a pris quatre tournants entre 2009 et 2019. Ces remises en cause ont exercé un fort effet dissuasif et la législation est susceptible d'évoluer encore en fonction des actes délégués que la CE est habilitée à prendre d'ici 2023 ou après la révision des textes en vigueur, prévue en 2026⁴⁵.

Par ailleurs, les acteurs qui avaient investi dans les outils de la première génération font face à un résultat décevant : entre 2012 et 2019, ils ont fonctionné en moyenne à 69 % de leurs capacités pour le bioéthanol et 52 % pour le biodiesel⁴⁶. Confrontés à des débouchés incertains au-delà de 2030 pour les biocarburants G1, il paraît peu probable que ces acteurs s'engagent sur la seconde génération, à moins d'une aide financière à l'investissement, mais celle-ci supposerait un changement de doctrine sur les aides d'État.

Les gouvernements peuvent néanmoins brandir la menace d'une pénalité, car la directive RED II les autorise à imposer la vente de

43. Sources : G1 : USDA, Global Agricultural Information Network, *EU Biofuels Annual 2019*, 15 juillet 2019, p. 17 et 26 ; G2 : ADVANCEFUEL, *Barriers to Advanced Liquid Biofuels & Renewable Liquid Fuels of Non-Biological Origin - D1.1 Key Barriers to Advanced Fuels- Results of the Stakeholder Consultation*, 2018, p. 12 et 14.

44. Sources : Outre l'enquête menée dans le cadre du projet ADVANCEFUEL (*op.cit.*), on pourra se reporter à la synthèse publiée par l'IRENA : International Renewable Energy Agency, *Advanced Biofuels: What Holds Them Back?*, novembre 2019, p. 18 et 19.

45. Remarque : Les ajustements législatifs nationaux amplifient parfois les incertitudes venant du niveau européen, comme le montre la mésaventure subie par le groupe français Total. Au terme de travaux commencés en 2015, avec un investissement de 275 M€, sa raffinerie de La Mède (France) a reçu en mai 2018 les autorisations d'exploitation, et la production a débuté en juillet 2019, avec l'importation d'environ 300 000 tonnes par an d'huile de palme répondant aux critères de durabilité européens*. Mais fin 2019, le parlement français a abrogé l'avantage fiscal dont bénéficiait l'huile de palme... ruinant de ce fait l'équilibre financier du projet, et décourageant vraisemblablement le groupe Total de s'engager dans les biocarburants avancés. (*Source : Total, Communiqué de presse du 3 juillet 2019).

46. USDA, Global Agricultural Information Network, *EU Biofuels Annual 2019*, 15 juillet 2019, p. 17 et 26. Le ratio atteignait 75 % pour le biodiesel produit par hydrogénation (19 % du biodiesel en 2020).

biocarburants avancés ou de biogaz avancé à tout fournisseur de carburant. En 2019, plusieurs pays avaient introduit cette contrainte (Danemark, Finlande, Italie) ; d'autres avaient fixé auparavant un minimum aux biocarburants G2 (Allemagne, Hongrie, Slovaquie). La Suède n'impose pas de seuil mais oriente les choix par un système de taxes différenciées.

La part cumulée des biocarburants avancés et du biogaz avancé se situait à 0,2 % en 2018 pour l'UE27. Pays pionnier, la Suède avait déjà atteint un taux de 3,15 % en 2018, grâce pour moitié aux biocarburants avancés et pour moitié à du biométhane répondant aux exigences requises et utilisé dans les transports, au même titre que le Gaz Naturel Véhicules (GNV)⁴⁷. Le biométhane nécessite toutefois des véhicules adaptés et un réseau de distribution spécifique.

Comme pour toutes les bioénergies, la collecte des matières premières comporte un coût qui influe sensiblement sur le coût total de production. Une étude de l'Agence internationale de l'Énergie (AIE) indique que pour le biogaz comme pour les biocarburants avancés tirés de la filière Fischer-Tropsch, on minimise ces coûts en privilégiant les déchets organiques⁴⁸. Ce constat laisse espérer que les États atteignent leurs objectifs par une production nationale plutôt que par importations, les déchets constituant une ressource éminemment locale. Mais l'étude souligne aussi que l'effet d'apprentissage exerce une influence majeure sur les coûts. L'objectif européen est-il suffisant pour générer cet effet ?

Le doute est permis, car la décennie 2020 verra fort probablement un rétrécissement des débouchés pour les carburants destinés au secteur routier en Europe, soumis à une double pression :

- Un durcissement des contraintes européennes sur les véhicules, avec la norme Euro 6d pour les polluants locaux et un abaissement du plafond sur les rejets en GES des véhicules, de 95 gCO₂/km (grammes de CO₂ par kilomètre) à partir du 1^{er} janvier 2020 à 59 gCO₂/km en 2030. Ce plafond sera réexaminé en 2023⁴⁹.
- La volonté de certains gouvernements d'interdire la vente de véhicules à moteur thermique (prévue pour 2030 en Irlande et aux Pays-Bas, 2040 en France) et de certains élus locaux à les bannir de leur territoire.

47. Eurostat, *SHARES 2018 – Detailed Results*, 4 mars 2020.

48. IEA, *Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction*, janvier 2020, p. 57.

49. Règlement 2019/631 du 17 avril 2019 établissant des normes de performance en matière d'émissions de CO₂. Le réexamen prévu en 2023 portera aussi sur la contribution des « carburants alternatifs », qui sortent du cadre de la présente étude. Les carburants alternatifs incluent l'hydrogène et les carburants de synthèse, pour lesquels la comptabilisation du CO₂ sera précisée au plus tard le 1^{er} janvier 2021.

De nombreux constructeurs privilégient donc désormais le moteur électrique pour les voitures particulières et se tournent davantage vers le gaz (gaz naturel et biométhane) ou l'hydrogène pour le transport de marchandises. Toutefois, avec plus de 250 millions de véhicules à moteur thermique sur les routes européennes en 2020, et des plans de relance qui soutiennent aussi l'achat de véhicules neufs avec une motorisation de ce type, il y aura encore des dizaines de millions de véhicules à moteur thermique sur les routes à l'horizon 2035, et les biocarburants pourraient réduire leur empreinte carbone. Ces biocarburants, s'ils sont compétitifs, pourront aussi être exportés.

L'avenir à long terme des biocarburants avancés reposera en grande partie sur le secteur des transports aériens, où seuls les carburants de synthèse ou l'hydrogène produits à partir d'électricité de source renouvelable pourraient ultérieurement les supplanter. Deux obstacles surgissent néanmoins :

- ▀ Les carburants pour avion n'ont représenté que 16 % des ventes totales de carburants dans l'UE27 en 2018, répartis en 2 % pour les vols domestiques et 14 % pour les vols internationaux⁵⁰. Il s'agit donc d'un marché relativement étroit à l'échelle d'un pays au regard des investissements nécessaires pour la production des biocarburants ainsi que pour la logistique d'acheminement aux points de ravitaillement.
- ▀ La majeure partie des carburants pour avion sont aujourd'hui largement détaxés. Un objectif d'incorporation de biocarburants avancés majorerait les coûts d'exploitation et impliquerait un accord international difficile à négocier. En première approximation, le surcoût équivaut à un prix du CO₂ toujours supérieur à 200 €/t⁵¹.

Le futur règlement « ReFuelEU Aviation » annoncé par la CE vise à lever ces entraves au développement des carburants durables dans le transport aérien grâce à un large éventail de mesures.

Perspectives pour le biogaz et le biométhane

Avec toutes les précautions qui s'imposent, compte tenu de l'imprécision des données disponibles, il apparaît dans le scénario 1,5LIFE et dans les projections comparables que l'extension des pratiques d'agroécologie et agroforesterie va dégager des volumes importants de résidus agricoles et de

50. Eurostat, *Complete Energy Balances [nrg_bal_c]*, mise à jour du 3 mai 2020.

51. International Council on Clean Transportation (ICCT), *The Cost of Supporting Alternative Jet Fuels in the European Union*, mars 2019, p. 15.

cultures énergétiques. Ces dernières exploitent les vertus de plantes non alimentaires (telles que miscanthus ou switchgrass, s'accommodant de sols pauvres et de faibles apports en eau) ou de cultures intermédiaires (telles que le trèfle, l'avoine, le seigle...) destinées à préserver le couvert végétal entre deux cultures alimentaires.

Une partie de ces ressources pourra être exploitée pour la production de biocarburants avancés. Nous avons exprimé ci-dessus les interrogations qu'inspire le marché de ces produits. Une autre partie pourra être traitée par pyrolyse ou gazéification, mais l'AIE considère que cette transformation gardera un statut de niche jusqu'en 2040⁵². Au vu de ces réserves, et compte tenu du caractère réparti des ressources, la production de biogaz ou biométhane par méthanisation au plus près des sites agricoles apparaît comme la meilleure valorisation.

D'autres ressources viendront s'y adjoindre, telles que les boues des stations d'épuration des eaux ainsi que des quantités notables de déchets biodégradables, venant des industries agro-alimentaires et des zones urbaines. À long terme, ces quantités devraient diminuer, car l'UE se promet de réduire le gaspillage alimentaire, évalué à 88 millions de tonnes (Mt) par an, dont 70 %, proviennent des déchets urbains, soit 62 Mt⁵³. Mais une évolution des voies de recyclage pourrait survenir. Pour les biodéchets, les textes européens n'en reconnaissent que deux :

- le compostage (fermentation aérobie), produisant une matière organique utilisable en agriculture,
- la méthanisation (fermentation anaérobie), produisant du biogaz et un digestat, également utilisable en agriculture.

À ce jour, on estime qu'environ 90 % des biodéchets municipaux qui sont recyclés partent vers des sites de compostage⁵⁴. Ces sites ne valorisent pas le contenu énergétique des déchets. La réorientation d'une partie des flux vers des installations susceptibles de récupérer l'énergie des biodéchets constitue donc un enjeu important, tout comme l'amélioration de la collecte, qui est encore très partielle.

Au-delà de l'aspect énergétique, il semble que le digestat issu de la méthanisation permette un retour à la terre des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium notamment) supérieur à celui de la matière organique issue du compostage. La prudence reste de mise, car les résultats

52. AIE, *Outlook for Biogas and Biomethane*, mars 2020, p. 37.

53. CE, données présentées sur le site Internet *Food Waste*, en page d'accueil et à l'onglet *Stop Food Waste*, disponible sur : <https://ec.europa.eu>, consulté le 10 mai 2020.

54. European Compost Network, disponible sur : www.compostnetwork.info, consulté le 10 mai 2020.

dépendent de nombreux facteurs, tels que la nature des intrants, la technologie retenue (voie sèche ou voie humide), les traitements appliqués au digestat, les conditions physiques du sol (température, hygrométrie), les modalités d'épandage... Cet enjeu, purement agricole, devient sensible avec les craintes qui se multiplient sur la raréfaction des ressources en phosphate à l'échelle mondiale. Toujours d'un point de vue strictement agricole, la gestion d'un méthaniseur incite les exploitants à se tourner vers l'agroécologie, ce qui correspond précisément à l'un des buts recherchés pour garder une place significative aux bioénergies⁵⁵. La qualité du digestat devrait par ailleurs s'élever, avec le tri à la source des biodéchets qui entrera en vigueur en 2023 (directive Déchets), réduisant ainsi considérablement le risque de retrouver des indésirables, tels que des métaux lourds, dans les digestats de méthaniseurs alimentés par des déchets ménagers, une crainte souvent exprimée dans le passé.

Quelle que soit son origine, le biogaz peut servir en l'état, pour la production de chaleur et d'électricité par cogénération, ou être purifié pour donner du biométhane. Comme cela a été souligné pour la biomasse solide, la cogénération nécessite une commercialisation satisfaisante de la chaleur pour atteindre une rentabilité suffisante, ce qui limite son développement. Le biométhane détient des perspectives plus larges. Une récente étude de l'Ifri menée sur trois pays pionniers du biogaz, qui se tournent désormais vers le biométhane, confirme ses points forts, tout en mettant en lumière les conditions requises pour son développement⁵⁶.

Parmi les points forts, on soulignera sa complémentarité avec l'électricité de source éolienne et photovoltaïque, appelée à un grand essor d'ici 2050. Lorsqu'il est injecté dans les réseaux de gaz naturel, on peut consommer le biométhane loin de son lieu de production, par exemple dans les process industriels requérant une haute température, procurée par des dispositifs à flamme. Bénéficiant des infrastructures de stockage déjà existantes pour le gaz naturel, le biométhane peut servir en appoint à la production d'électricité pour pallier l'intermittence éolienne ou solaire, dans les centrales au gaz en service offrant un haut rendement énergétique. Enfin, sous réserve de se conformer aux intrants prévus pour les biocarburants avancés, ce qui reste le cas le plus fréquent, le biométhane peut contribuer à l'atteinte de l'objectif fixé à ceux-ci dans le secteur des transports.

55. Le lecteur intéressé par ces sujets prendra connaissance avec profit de deux études : ADEME, F. Muller (dir.), *Qualité agronomique et sanitaire des digestats*, octobre 2011 ; ADEME, Étude METHALAE, *La méthanisation, levier de l'agroécologie ?*, décembre 2018, dont une présentation très claire figure dans *Le Journal des énergies Renouvelables*, n° 246, janvier 2019, p. 14.

56. M.-A. Eyl-Mazzega et C. Mathieu (dir.), « Biogas and Biomethane in Europe: Lessons from Denmark, Germany and Italy », *Études de l'Ifri*, Ifri, avril 2019, disponible sur : www.ifri.org.

Conclusion et recommandations

L'UE s'apprête à rehausser son objectif de réduction des émissions de GES pour 2030 et à s'engager vers la neutralité climatique à l'horizon 2050. Une telle ambition implique de majorer la part des sources renouvelables dans son approvisionnement énergétique, et donc d'exploiter au mieux le potentiel de chaque filière. La filière des bioénergies a jusqu'à présent apporté une contribution majeure au mix européen, atteignant 57 % de toutes les énergies renouvelables consommées dans l'UE27 en 2018.

Les textes législatifs encadrant leur développement comportaient cependant des insuffisances, corrigées par l'adoption de nouvelles règles en 2018, le règlement UTCATF et la directive RED II. Les simulations disponibles à ce jour laissent craindre que leur application amène dès 2030 un tassement des volumes de bioénergies disponibles si les pratiques agricoles et forestières demeurent inchangées.

Cependant, d'autres études ont retenu des hypothèses différentes. En supposant d'une part des surfaces accrues pour l'extension des zones boisées et d'autre part une évolution vers l'agroécologie et l'agroforesterie, alors la contribution des bioénergies serait renforcée d'ici 2050.

Une première recommandation s'impose à ce stade : **approfondir ces analyses**. Trois arguments justifient leur reprise :

- Certaines d'entre elles étaient fondées sur des rédactions provisoires des textes, et il conviendrait de les affiner aujourd'hui avec les versions définitives.
- Les expressions agroécologie et agroforesterie recouvrent des contenus différents selon les auteurs, avec des approches distinctes en matière de cultures énergétiques, de recours aux engrais, aux produits phytosanitaires, à la gestion de l'eau, à la préservation de la biodiversité, par exemple ; en outre, une réflexion territoire par territoire paraît nécessaire, car les espèces végétales, la rotation des cultures, les rendements, varient considérablement d'une région à l'autre.
- L'hypothèse centrale repose sur une extension des superficies utiles, par réhabilitation de sols dégradés, recul de l'artificialisation des terres

et adoption de régimes alimentaires moins carnés, libérant d'importantes surfaces actuellement dévolues à la nourriture des animaux. Cette hypothèse mérite d'être explicitée, à la fois sur sa faisabilité et sur certaines conséquences économiques, telles qu'une chute éventuelle des exportations de produits agricoles.

Les considérations sur les régimes alimentaires appellent une attention particulière, en raison de leurs bénéfices annexes, notamment de moindres importations d'aliments pour bétail et d'amélioration de la santé publique. La récente pandémie a souligné la vulnérabilité des populations affectées par des maladies chroniques, dont une partie provient d'une alimentation déséquilibrée. La stratégie « de la ferme à la table » présentée par la CE pose un premier jalon pour repenser la composition de nos menus⁵⁷.

Soulignons que l'évolution des pratiques agricoles combinée à la promotion de régimes alimentaires moins riches en viande rouge comporterait un bénéfice annexe non négligeable : la réduction des émissions de GES du secteur agricole, grâce à de moindres besoins en engrais azotés, donc de moindres rejets en protoxyde d'azote, et à la baisse des rejets en méthane des ruminants.

Le besoin d'études plus précises surgit aussi en raison des textes récemment publiés, annoncés ou en cours de préparation. Citons-en trois exemples :

- La « stratégie pour la biodiversité » exercera une double pression dont on ne discerne pas encore la résultante sur la ressource disponible. Cette stratégie préconise d'une part la révision du règlement UTCAFT et la publication de nouveaux critères de durabilité, qui pourraient rétrécir les volumes de biomasse forestière à finalité énergétique, mais d'autre part l'extension des pratiques d'agriculture durable et d'agroforesterie, qui pourrait augmenter d'autres volumes de produits naturels. Ainsi, on abandonnera probablement les coupes claires sur de grandes zones boisées et la plantation d'arbres à croissance rapide, mais on étendra les cultures destinées à préserver le couvert végétal inter-saisonnier, fournissant une autre ressource organique utilisable à des fins énergétiques.
- La CE adoptera d'ici le 31 janvier 2021 les actes d'exécution précisant les preuves à apporter pour le respect des critères de durabilité, portant notamment sur la légalité de la récolte et sa compatibilité avec l'accord de Paris sur le climat⁵⁸. Ce sujet se révélera certainement très complexe

57. COM (2020) 381 du 20 mai 2020.

58. Directive RED II, article 29, § 8.

et pourra influencer sur les volumes de bois disponibles si l'on veut éviter une double comptabilisation des surfaces qui sont boisées à titre volontaire. Or, plusieurs grands groupes industriels mondiaux déterminés à parvenir à la neutralité climatique intègrent la compensation carbone dans leur stratégie ; le secteur de l'aviation civile s'appuiera aussi sur cet outil pour la mise en œuvre de l'accord CORSIA. Apparues avec la signature du protocole de Kyoto, les opérations de boisement demeurent, de loin, les voies de compensation carbone les moins onéreuses mais leur fonction de stockage du CO₂ ne leur permet pas de constituer une ressource en bois exploitable immédiatement. L'UE sera invitée à se montrer exemplaire en définissant la fonction des trois milliards d'arbres qu'elle ambitionne de planter d'ici 2030 (proposition contenue dans la stratégie en faveur de la biodiversité).

- ▀ La CE détient également le pouvoir d'exiger des informations détaillées relatives à la réhabilitation des terres dégradées⁵⁹. Selon leur interprétation, ces précisions conduiront à un élargissement ou un rétrécissement des surfaces utilisables pour étendre les zones forestières ou les cultures énergétiques.

Pour envisager une contribution rehaussée des bioénergies, quelles sont les voies à privilégier ?

Les ressources livrées sous forme solide (bois, résidus agricoles, déchets, etc.) se caractérisent par une faible densité énergétique (contenu en énergie par tonne ou par m³ de produit), ce qui rend leur transport plus coûteux que pour le charbon ou le pétrole. D'intenses efforts de recherche sont menés pour élaborer des vecteurs énergétiques intermédiaires, liquides ou gazeux, plus faciles à transporter ; on procède en général par gazéification ou pyrolyse. La composition de ces produits intermédiaires diffère de celle des produits pétroliers ou du gaz naturel ; on peut les brûler en l'état ou les transformer au cours d'une deuxième étape afin d'en faire des biocarburants ou du biométhane.

Notre deuxième recommandation invite à **poursuivre les recherches**. Les outils mis en place depuis plusieurs années ont fait leurs preuves et il convient de les conserver, qu'il s'agisse des structures de coordination, telles que la branche Bioenergy de l'European Technology and Innovation Platform (ETIP) ou du Strategic Energy Technology Plan (SET Plan - Priority 8: Renewable Fuels and Bioenergy), des voies de financement, au premier plan desquelles Horizon Europe, ou enfin des programmes de recherche eux-mêmes, tels que MUSIC (Market Uptake

59. Directive RED II, article 30, § 4.

Support for Intermediate Bioenergy Carriers) ou MAGIC (Marginal Lands for Growing Industrial Crops) pour n'en citer que deux.

Cependant, les recherches en cours n'aboutiront pas à des procédés mûrs à l'échelle industrielle avant plusieurs années, voire avant une décennie. À cette échéance, le marché des carburants aura très probablement fléchi du fait de la pénétration des véhicules électriques, mais restera non négligeable et présentera des opportunités à l'export. Sans doute serait-il donc prudent de viser prioritairement les secteurs pour lesquels les carburants liquides restent irremplaçables à vue humaine, et tout particulièrement le secteur du transport aérien.

Dans l'intervalle, les voies actuelles de valorisation des ressources domineront. Il serait souhaitable de tirer parti des prochains ajustements du cadre communautaire pour favoriser une approche systémique. Illustrons ce concept à nouveau par trois exemples :

- ▀ La valorisation la plus simple des produits ligneux passe par une combustion directe. La commercialisation de la chaleur se révèle toutefois souvent difficile, du fait de la concurrence des autres énergies, fossiles hier, électrique demain, et des politiques d'efficacité énergétique. La publication attendue de la communication de la CE sur l'intégration sectorielle offrira l'occasion d'encourager les initiatives rapprochant, dès le stade du projet, le couplage des bioénergies avec l'électricité de source variable pour l'usage chaleur, afin de sécuriser les lourds investissements nécessaires.
- ▀ La méthanisation apparaît comme la filière la mieux adaptée à une disponibilité accrue de déchets et résidus. L'épuration du biogaz obtenu en biométhane injectable dans les réseaux de gaz naturel élargit la gamme des usages aux secteurs de la chaleur et de la production d'électricité loin du méthaniseur. En restreignant les intrants aux ressources non alimentaires, on génère du « biométhane avancé » qui répond également aux objectifs impartis au secteur des transports. La prochaine révision de la directive sur les infrastructures destinées aux carburants alternatifs pourrait stimuler cet usage par un relèvement des exigences en points de recharge. En ce qui concerne le soutien public au biométhane, l'attribution de garanties d'origine jouera un rôle croissant. Il appartiendra aux États ou à la CE de corriger l'éventuelle distorsion du marché qui apparaîtrait si des garanties d'origine étaient délivrées à des installations acceptant les cultures alimentaires parmi ses intrants, alors que ceux-ci sont interdits dans d'autres États. De manière plus générale, une réflexion s'impose sur les amendements à apporter au mécanisme des garanties d'origine afin de doper leur marché.

- Un marché considérable semble résider pour le bois dans les centrales électriques. Au prix d'adaptations mineures du brûleur, le bois livré sous forme de granulés ou de plaquettes forestières se substitue au charbon, partiellement (on parle de co-combustion) ou totalement (il s'agit alors de conversion). Plusieurs États ayant décidé d'interdire l'usage du charbon, diverses compagnies électriques s'orientent vers cette solution. Certains électriciens envisagent l'opération même en l'absence de toute aide financière, sa rentabilité étant assurée par le maintien en activité d'installations déjà amorties, l'absence de taxe sur le combustible et de soumission au système ETS pour le bois. Sans recours à une aide publique, les opérateurs ne seront pas tenus de respecter les critères de durabilité imposés par la directive RED II. Une étude du cabinet Sandbag a recensé un nombre impressionnant de projets. Dans l'hypothèse de granulés de bois importés de pays à législation environnementale laxiste (les auteurs citent notamment les États-Unis), si tous les projets étaient menés à bien, il en résulterait une consommation supplémentaire de 14,5 Mtep par an⁶⁰. Elle nécessiterait chaque année l'abattage d'une forêt de 2 700 km², émettant chaque année le volume de CO₂ que les arbres ont mis 40 ans à accumuler, auquel s'ajouteraient les émissions de la chaîne logistique (collecte et acheminement). Sauf à y remédier en retouchant les directives sur la taxation de l'énergie et sur le système ETS, l'UE verrait ainsi sa stratégie de lutte contre la déforestation⁶¹ contournée de façon massive, malgré plusieurs mises en garde⁶². Les États peuvent certes imposer des restrictions sur le plan national, mais au risque d'une distorsion du marché intérieur de l'électricité.

La lecture des exemples ci-dessus souligne à quel point la dispersion des textes exerçant un impact sur les bioénergies rend malaisée toute vision d'ensemble. Ce constat conduit à formuler une dernière recommandation : que la Commission redonne toute la cohérence à sa politique et guide les décisions des acteurs publics ou privés en publiant une « **stratégie en faveur des bioénergies** ».

60. C. Moore et M. Kasprzak, *Playing with Fire*, Sandbag, décembre 2019, disponible sur : <https://ember-climate.org>.

61. CE, *Renforcer l'action de l'UE en matière de protection et de restauration des forêts de la planète*, COM (2019) 352 du 23 juillet 2019.

62. Citons notamment la lettre de 800 personnalités scientifiques au Parlement européen du 14 janvier 2018 ou l'article publié sous l'égide du Conseil européen des Académies des Sciences (EASAC) dans CGB Bioenergy, *Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy*, le 9 août 2019.



Institut français
des relations
internationales