

L'industrie papetière : un convertisseur de carbone biogénique contribuant à la lutte contre le changement climatique

Par Paul-Antoine LACOUR

Copacel

L'industrie papetière, en tant qu'utilisatrice de la cellulose produite par les végétaux ligneux, met sur le marché des produits composés de carbone biogénique (emballages, articles d'hygiène, molécules diverses), et substitue ainsi des biens manufacturés dérivés de carbone fossile. Sa contribution à la lutte contre le changement climatique passe également par un usage énergétique croissant de la biomasse ligneuse, ce qui lui permet de substituer de manière accrue des combustibles fossiles. Cette capacité à produire des matériaux biosourcés est cependant tributaire de la capacité qu'auront à l'avenir les forêts à fournir du bois, et donc à s'adapter aux conséquences du changement climatique.

L'analyse des liens entre forêts et changement climatique revêt pour l'industrie papetière une triple dimension. La première dimension vise à analyser le rôle des produits papetiers en matière de lutte contre le changement climatique, notamment en se substituant à des biens manufacturés issus de la chimie du carbone fossile. La deuxième dimension du sujet porte sur le rôle croissant de la valorisation énergétique de la biomasse forestière dans la décarbonation de cette industrie. Enfin, un troisième volet concerne l'impact des changements climatiques sur les ressources naturelles (eau et bois) utilisées par les usines papetières.

L'industrie papetière transforme la biomasse ligno-cellulosique en bioproduits substituant du carbone fossile

En France, c'est au sein de 80 usines que l'industrie papetière produit des matériaux, qui ont tous en commun d'être constitués d'un polymère, la cellulose, dont le carbone est biogénique. Certaines de ces entreprises isolent également des molécules dont les chaînes carbonées sont issues d'une ressource végétale, ce qui permet de les désigner sous le terme de bioraffinerie (CEPI, 2021). Vis-à-vis du changement climatique, la production de bioproduits (biomatériaux et biomolécules) présente l'avantage de substituer des produits issus de la transformation du carbone fossile. Ce mouvement de substitution a un intérêt considérable car il évite de recourir à de nouvelles ressources

carbonées (pétrole ou gaz) dont la fin de vie est émettrice de CO₂ fossile.

L'industrie papetière, une activité productrice de bioproduits...

La pâte de cellulose est la première famille des biomatériaux que fabrique l'industrie papetière. Sous ce terme se rangent différents produits, tous composés de fibres de celluloses issues d'organismes végétaux (majoritairement des arbres, mais des plantes annuelles, comme le coton, sont utilisées pour certains usages). Selon ses caractéristiques, cette pâte de cellulose peut être destinée à la fabrication de papiers ou de cartons (on parle alors de pâte papetière) ou utilisée comme matière première pour la fabrication de fibres textiles (pâte à dissoudre destinée à la production de viscose). Lorsque les caractéristiques des molécules sont strictement définies, la pâte (pâte de spécialité) peut également servir de substrat à des réactions chimiques, comme la production d'éthers de cellulose (qui entrent dans la fabrication de médicaments, peintures, etc.). À ces applications traditionnelles s'ajoute depuis quelques années la fabrication de nouveaux produits, ayant des propriétés remarquables, comme par exemple les Microfibrilles de Cellulose (MFC) (voir Photo 1).

Les papiers et les cartons sont la seconde famille de matériaux produits par les sites papetiers. Papiers et cartons sont constitués d'un entrelacs de fibres de cellulose (les fibres ont une longueur variant d'un à quelques millimètres, selon les essences forestières utilisées). Le matériau obtenu est dénommé « papier » lorsque la masse surfacique (grammage) est inférieure



Photo 1 : Barquette alimentaire hydrophobe contenant des microfibrilles de cellulose (MFC) (Crédits photos : CTP).

à 224 g/m² et « carton » au-delà. Ce matériau, selon ses caractéristiques (résistance, blancheur, opacité...) peut être utilisé pour des applications diverses. On distingue ainsi les papiers graphiques (le matériau est utilisé comme support du texte ou de l'image) ; les papiers et cartons d'emballage (le matériau est utilisé pour la fabrication de sacs, de boîtes, de caisses) ; les papiers d'hygiène (les propriétés hydrophiles de la cellulose et sa douceur sont valorisées pour produire des mouchoirs, essuie-tout, articles d'hygiène...) et enfin les papiers de spécialités, utilisés pour des applications très diverses (papier cuisson, support d'abrasifs, papier décor, papier filtre, papier de soie...). Selon les caractéristiques recherchées, les papiers et cartons sont produits soit

en utilisant comme matière première de la pâte papetière, soit en recourant au recyclage de produits fibreux en fin de vie (« vieux papiers »). Cette seconde voie, qui consiste à utiliser un déchet (emballage en carton usagé, vieux journal, essuie-main humide...) s'est fortement développée depuis les trente dernières années. Plus de 80 % des déchets papier/cartons sont ainsi recyclés et la part des fibres récupérées entrant dans la fabrication d'une nouvelle feuille de papier ou carton représente plus de 68 % du total des fibres utilisées par l'industrie papetière. Pour ce qui concerne spécifiquement les emballages ménagers, l'objectif de recyclage a été défini par les pouvoirs publics de manière à passer de 68 % en 2024 à 83 % en 2029. Pour cela, les dispositifs de collecte devront évoluer, de manière à être mieux adaptés aux évolutions de consommation (développement du e-commerce notamment). Plus généralement, on notera que, d'après les chiffres établis par l'ADEME, l'emballage papier carton dans son ensemble (emballages ménagers et industriels) a atteint un taux de recyclage de 85,6 % en 2021, dépassant avec 9 ans d'avance l'objectif de 85 % en 2030 fixé par la législation européenne.

Différents types de molécules sont également produites sur certains sites papetiers (principalement ceux qui produisent de la pâte de cellulose). Il peut s'agir de macromolécules (comme les lignosulfonates issus de la lignine) ou des molécules de faible poids moléculaire (terpènes provenant de la résine des conifères, tanins...). Une voie toute nouvelle s'est également



Photo 2 : Vue aérienne d'une usine de production de pâte de cellulose. On peut noter au premier plan le parc à bois et l'atelier de mise en plaquettes (Crédits photos : Copacel).

ouverte sur certains sites, à savoir la production de biocarburants de seconde génération, destinés à se substituer à des carburants utilisés pour le transport terrestre ou aérien. Ces biocarburants issus du bois présentent comme intérêt principal de ne pas utiliser une ressource végétale qui pourrait être destinée à un usage alimentaire.

... remplaçant des équivalents issus du carbone fossile

L'utilisation de matières premières contenant exclusivement du carbone biogénique (bois, pâte de cellulose, papiers récupérés) évite d'introduire dans le cycle du carbone une masse additionnelle de carbone fossile. Cette substitution est déjà à l'œuvre depuis plusieurs années, ceci afin de répondre à des demandes des clients ou des prescriptions législatives (interdiction des sacs de caisse en plastique...). Dans le domaine des emballages, par exemple, plusieurs lois ont interdit l'emploi des résines plastiques, ce qui a offert des perspectives de développements importants aux produits cellulosiques.

Cette présentation succincte montre que l'industrie papetière doit être vue comme une activité dont la vocation est de produire des matériaux cellulosiques et des molécules dont l'emploi permet de satisfaire de très nombreux besoins des Humains (voir Photo 2). Cette activité de production de biomatériaux et biomolécules s'inscrit à l'intersection de la bioéconomie (l'économie de la transformation du carbone biosourcé) et de l'éco-

nomie circulaire (grâce au taux de recyclage élevé des déchets de produits fibreux). Cette double caractéristique confère aux entreprises papetières une position singulière et un avantage certain en matière de lutte contre le changement climatique.

La valorisation énergétique de la biomasse forestière joue un rôle croissant dans la décarbonation de l'industrie papetière

La biomasse forestière joue un rôle croissant dans la décarbonation de l'industrie papetière...

Même si elle a comme vertu de produire des matériaux biosourcés, et donc ne pas utiliser comme matières premières des ressources pétro-sourcées ou minérales, l'industrie papetière a besoin d'énergie pour faire fonctionner ses procédés. Cette énergie est soit de l'électricité (achetée sur le réseau ou produite sur site), soit de la chaleur (produite *in situ* dans des chaudières industrielles). L'électricité (6,0 TWh consommés en 2022) est utilisée comme force motrice des machines. La chaleur (18,3 TWh consommés en 2022, pour sa part, est nécessaire à la fabrication de la pâte ou encore pour vaporiser l'eau et sécher le papier.



Photo 3 : Les chaudières utilisent majoritairement des sous-produits du *process* papetier (Crédits photos : Copacel).

Ces consommations d'énergie (électricité et chaleur) sont émettrices de gaz à effet de serre, de sorte que, depuis le début des années 2000, les entreprises papetières se sont employées à réduire leurs émissions directes et indirectes. Cette réflexion collective a conduit le syndicat de l'industrie papetière (Copacel) à publier, en février 2022, sa feuille de route de décarbonation¹. Ce document présente une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre à horizon 2030, les leviers utilisables, ainsi que les mesures de politiques publiques nécessaires à la matérialisation de ces réductions. Cette feuille de route retient comme scénario la poursuite d'un effort de décarbonation correspondant à une baisse moyenne de 2,7 % par an des émissions de CO₂ fossile par tonne produite.

Parmi les différents leviers présentés (électrification des procédés, amélioration de l'efficacité énergétique, recours à des énergies décarbonées), un rôle majeur revient à la biomasse forestière. En ce qui concerne l'électricité, et même si le mix énergétique français est très décarboné grâce aux moyens de productions nucléaires, la voie suivie par l'industrie papetière est de développer des installations de cogénération de chaleur et d'électricité utilisant comme énergie primaire de la biomasse forestière. L'électricité « verte » ainsi produite se substitue ainsi à celle du réseau, ce qui contribue à l'atteinte des objectifs de la France en matière d'énergies renouvelables.

En ce qui concerne la production de chaleur, le développement des chaudières utilisant de la biomasse a été spectaculaire (voir Photo 3). En 2023, l'énergie provenant de la biomasse ligneuse représente ainsi 63 % de la consommation totale de chaleur de l'industrie papetière (le solde étant constitué de gaz). La part très importante de cette énergie non émettrice de CO₂ fossile tient à l'activité même de l'industrie papetière : l'utilisation de la biomasse dans les procédés permet de valoriser sous forme énergétique la fraction de celle-ci impropre à la fabrication de produits manufacturés. Ainsi, lors de la fabrication de la pâte de cellulose, la lignine et les hémicelluloses forment un mélange (liqueur noire) dont la combustion est une importante source d'énergie. Dans le procédé papetier fondé sur le recyclage des fibres, toutes celles impropres à la fabrication d'une nouvelle feuille (par exemple parce que trop courtes, ou mélangées avec des matières non fibreuses) sont éliminées. Elles se retrouvent, soit dans les Combustibles Solides de Récupération (CSR), soit dans les boues papetières. La combustion de cette matière organique, qui prend son origine dans le bois, contribue là encore à la production d'énergie décarbonée.

... mais son utilisation doit être effectuée dans le respect de la hiérarchie des usages

Dans le cadre de l'industrie papetière, la valorisation énergétique de la biomasse, s'effectue de manière complémentaire à la production de biens manufac-

turés (pâte, papier, carton). L'utilisation énergétique de la biomasse est en effet très majoritairement réalisée avec des sous-produits du process (et non avec des matières premières ligneuses qui pourraient être utilisées pour produire des biens manufacturés). Ce modèle d'utilisation de la biomasse forestière est illustratif du principe « d'utilisation en cascade » du bois, promu par l'article 29 la directive 2023/2413 sur les énergies renouvelables. En application de ce principe, les politiques publiques doivent veiller à ne pas orienter la biomasse forestière directement vers la production d'énergie, mais s'assurer au contraire qu'elle est utilisée pour produire un bien manufacturé (bien qui sera recyclé et uniquement, *in fine*, lorsque le recyclage n'est plus possible, utilisé pour produire de l'énergie).

Les ressources naturelles utilisées par l'industrie papetière, dont le bois, sont affectées par le changement climatique

Les procédés papetiers nécessitent des ressources naturelles sensibles aux variations climatiques (l'eau pour tous les sites et le bois pour ceux produisant de la pâte de cellulose). La question qui se pose est donc de savoir si la production d'une masse croissante de produits biosourcés sera possible dans un contexte où les ressources naturelles qui la permettent sont elles-mêmes soumises à des contraintes climatiques.

L'activité papetière est impactée par le changement climatique

La question de la disponibilité en eau se pose à double titre, à la fois pour les procédés industriels, mais également en ce qui concerne la santé des forêts. Concernant les procédés, l'eau est indispensable à la fabrication de la pâte de cellulose (mise en suspension et lavage des fibres) ainsi que lors de la fabrication d'un matelas fibreux constituant une feuille de papier ou de carton. En d'autres termes, aucune papeterie ne peut se passer d'eau. Les efforts très importants accomplis en matière d'économie d'eau (les prélèvements d'eau pour la production de pâte et de papier ont diminué de 55 % au cours des trente dernières années) permettent, sur ce point, de considérer l'avenir avec espoir, même si on ne peut exclure des tensions fortes dans certains bassins hydrologiques.

La situation est en revanche plus incertaine en ce qui concerne l'impact à moyen terme de la baisse de pluviométrie sur la santé des forêts. Les stress hydriques induisent en effet une mortalité directe et un affaiblissement des peuplements forestiers, qui deviennent alors plus sensibles à différents types de risques biotiques (principalement des insectes, à l'image de la prolifération des scolytes dans l'Est de la France ces dernières années). Les risques abiotiques sont également accrus (hausse de la prévalence des incendies dans les massifs ou la sécheresse de la biomasse devient élevée). Symétriquement, des épisodes de pluviométrie forte et prolongée sont susceptibles de restreindre, voire d'interdire, les opérations d'exploitation fores-

¹ https://www.copacel.fr/wp-content/uploads/2022/03/20220216_copacel_feuille_de_route_de_decarbonation_filiere_papier_carton-1.pdf

tière. Même si l'impact des engins d'exploitation sur les sols a diminué grâce aux progrès techniques, des sols détremés proscrivent la circulation d'engins, ce qui entraîne des conséquences négatives pour les entreprises chargées de ces travaux (pertes de revenus), mais peut également conduire à un ralentissement de la production d'une usine de pâte de cellulose par défaut de bois. Enfin, le risque de tempêtes plus fréquentes, et dont les conséquences seraient plus sévères, constitue un autre élément de déstabilisation des approvisionnements en bois. L'évolution de ces différents facteurs est difficile à modéliser à l'échelle des bassins d'approvisionnement des usines de pâte de cellulose (rayon moyen de 200 km autour de l'usine), mais constitue une source d'incertitude à moyen terme.

... mais peut dans le même temps servir d'exutoire aux bois de crise

Un élément positif, toutefois, tient à ce que les procédés de production de pâte s'accommodent, dans une certaine limite, des « bois de crise » (voir l'article de Fabien Carouille dans ce numéro). À la différence des activités utilisant du bois d'œuvre (sciage, tranchage,

déroulage), pour lesquelles les caractéristiques mécaniques du bois ou son aspect visuel conditionnent son utilisation, l'industrie papetière s'intéresse à la qualité des fibres, qui sont en général moins altérées par les dégradations que ne le sont des arbres pris dans leur ensemble. Ainsi, après la tempête Klaus (2009), l'industrie de la pâte avait été capable de valoriser pendant plus de 5 ans les arbres brisés ou déracinés. Dans la même logique, les bois très secs, conséquence de la prolifération des scolytes depuis 2018 au sein des peuplements d'épicéas, ont pu pour partie d'entre eux être utilisés (en mélange avec des bois frais) pour produire de la pâte. Enfin, une partie des bois incendiés lors des feux qui ont frappé le massif des Landes en 2022 a également pu être valorisée.

Ces différents exemples démontrent qu'il est nécessaire de prévenir les atteintes aux massifs forestiers susceptibles d'être engendrées par des aléas climatiques, et ainsi limiter les volumes de « bois de crise » qui en résultent. Toutefois, une fois les sinistres constatés, il est utile de pouvoir valoriser les bois grâce à des procédés industriels qui s'accommodent de leur altération.