

La biomasse : comment miser sur une ressource rare et intermittente ?

La biomasse, qui, jusqu'à peu, n'intéressait guère que les agriculteurs et les forestiers, commence à être considérée comme une ressource stratégique pour atteindre la neutralité carbone. Différents secteurs lorgnent avec intérêt vers cet "or vert" pour toutes ses formes d'énergie renouvelable : matériaux de combustion, biocarburants et biogaz. Pourtant, toutes les études prospectives s'accordent à dire que la quantité de biomasse disponible pour l'énergie restera limitée, laissant présager des problèmes de bouclage et des tensions sur la ressource. Facteur plus grave, car totalement absent des stratégies actuelles, la quantité de biomasse agricole pour l'énergie va fortement fluctuer d'une année à l'autre, notamment du fait du changement climatique et des autres usages prioritaires. Quels sont les risques de cette variabilité pour le système agroénergétique ? Comment s'y adapter pour planifier au mieux la transition écologique ?

À l'heure de la planification écologique, la biomasse fait son grand retour dans le débat public. Ce terme, qui désigne l'ensemble de la matière produite par le vivant – herbe, arbres, productions agricoles, déchets organiques, etc. –, est souvent implicitement associé à la question de la production énergétique. Brûler du bois pour se chauffer n'a rien de nouveau. Cependant, face à la nécessité de décarboner notre économie, les productions végétales pour l'énergie génèrent un regain d'intérêt quelle que soit leur forme – bois-énergie, biocarburant ou biogaz. En effet, elles sont généralement qualifiées de "neutres en carbone", car elles émettent, lors de leur combustion, le carbone qu'elles ont absorbé lors de leur croissance. Pourtant, d'autres usages de ces productions végétales semblent prioritaires : se nourrir, nourrir les animaux, fertiliser les sols par un juste retour de matière



organique, mais également fabriquer des matériaux (le carbone y reste stocké et la biomasse se valorise à un prix plus élevé). Il n'en reste pas moins que les résidus et coproduits des productions alimentaires, fourragères et matérielles gardent un intérêt certain pour produire de l'énergie, notamment sous forme de chaleur. Beaucoup d'activités ne peuvent être facilement électrifiées : aviation, transport routier et maritime, chauffage industriel... Ces secteurs nécessitent donc d'importantes quantités de biomasse afin de se décarboner.

Où trouver plus de biomasse ?

Néanmoins, si la demande en biomasse augmente d'ici à 2050, l'offre pourra-t-elle suivre ? Ce problème de "bouclage" est l'une des questions clés des scénarios de décarbonation actuellement dessinés au sein des ministères, mais aussi par l'ADEME, France Stratégie, ou encore Solagro. Tous s'accordent à dire que trouver de la biomasse additionnelle sera difficile : d'une part parce que

les rendements agricoles, qui avaient explosé après la seconde guerre mondiale – les rendements du blé avaient été multipliés par 7 en cinquante ans! – stagnent depuis vingt ans et sont de plus en plus exposés aux aléas climatiques, d'autre part parce que les marges d'optimisation des usages existants de la biomasse sont limitées. Aucune biomasse n'est inutile : ce que l'homme n'exploite pas retourne au sol et aux écosystèmes, et joue ainsi un rôle crucial pour assurer leur qualité et leur capacité à stocker du carbone.

La plupart des scénarios trouvent néanmoins deux gisements pour augmenter la production de bioénergies, essentiellement sous forme de biogaz par méthanisation. Les rotations culturales les plus courantes laissent apparaître des trous entre certaines cultures, notamment en hiver, qui n'étaient jusqu'ici que peu exploités, car ne permettant pas d'amener une culture à maturité. Avec l'essor de la méthanisation, qui permet de valoriser une gamme plus large de végétaux, introduire des cultures dites intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) en hiver pour produire de l'énergie devient intéressant (par exemple du seigle, de l'avoine ou de l'orge). Par ailleurs, le cheptel bovin français connaît une baisse tendancielle importante (de l'ordre de 2% par an), ce qui pourrait permettre de rediriger une part de l'herbe, des résidus de culture (les tiges et les pailles restantes quand on récolte les grains des céréales, les pulpes de betteraves, etc.) et des fourrages vers l'énergie.

L'illusion des valeurs moyennes

Ces deux gisements représentent à eux seuls plus de 70% de la production additionnelle de biogaz dans tous les scénarios, le biogaz représentant lui-même environ 100 térawattheures (TWh) par an additionnels (89 TWh/an pour France Stratégie, 122 TWh/an pour Solagro), soit l'essentiel de la production énergétique supplémentaire hors électricité attendue en moyenne à l'horizon 2050. Mais ce débat sur l'estimation du gisement moyen laisse apparaître un angle mort considérable. D'une année à l'autre, la réalité de la production agricole, sur laquelle s'appuient fortement ces stratégies de décarbonation, pourrait varier du tout au tout sous l'effet des sécheresses et des autres aléas climatiques extrêmes en augmentation. Ainsi, la canicule de l'année 2003 a causé 30% de pertes dans les prairies à l'échelle nationale et les excès d'eau de 2016 ont détruit 26% de la récolte de blé.

Quantifier la variabilité, un exercice nouveau

Le cœur du problème, c'est qu'au-delà de la variabilité intrinsèque de la production agricole, plusieurs facteurs devraient amplifier la variabilité de la part de cette production qui restera disponible pour l'énergie. Comme déjà évoqué, la production d'énergie n'est pas un usage prioritaire. Quand la quantité de biomasse viendra à manquer, celle qui sera disponible sera certainement d'abord utilisée pour assurer la subsistance du cheptel, par exemple, au risque d'aggraver la situation de certains méthaniseurs. Par ailleurs, parmi les gisements évoqués, ce sont les CIVE qui présentent le potentiel énergétique le plus intéressant – 30 TWh/an en moyenne d'après notre étude. Or, ce potentiel est aussi le plus variable. Dans l'esprit d'un respect

strict de la hiérarchie des usages, une CIVE doit être récoltée au début du printemps pour ne pas compromettre le semis de la culture suivante. Cependant, après une croissance hivernale lente, c'est juste avant la récolte que l'essentiel de la biomasse est produite... si la météo est clémente pendant cette brève période. Si ce n'est pas le cas, l'agriculteur sera plutôt tenté d'économiser du temps et de l'argent, et de ne pas récolter. Cette combinaison de facteurs pourrait faire varier d'un facteur 3 d'une année sur l'autre la production de CIVE à l'échelle du territoire. La production totale de biogaz pourrait ainsi varier de 40% à l'horizon 2050, soit entre 60 TWh/an et près de 90 TWh/an.

Des risques à anticiper à plusieurs niveaux

Une variabilité non anticipée de la production énergétique pourrait faire émerger des conflits nouveaux. La méthanisation, filière encore émergente, n'est pas pensée comme une énergie intermittente. À leur niveau, les producteurs de méthane s'arrangent pour sécuriser un approvisionnement en productible le plus régulier possible, quitte à générer localement quelques conflits avec les fourrages – les drèches et pulpes de betteraves commencent à être de plus en plus disputées dans le Grand-Est. Les conflits peuvent aussi avoir lieu entre les propriétaires des méthaniseurs pour l'accès aux mêmes intrants agricoles. Ils n'ont en tout état de cause pas vraiment le choix, étant donné le prix des installations (à partir de 4 à 5 millions d'euros pour un méthaniseur en injection), les prêts bancaires à rembourser et les contrats d'injection sur le réseau. En général, ces derniers imposent un volume d'injection minimal à respecter, auquel on ne peut déroger qu'en cas de force majeure. Le développement de la méthanisation, tel qu'il est pensé aujourd'hui, risque donc d'ajouter au problème de la répartition de la biomasse les mauvaises années une rigidité dont il pourrait bien se passer...

Au-delà des conflits entre acteurs, la gestion des situations de pénurie à l'échelle nationale devra être abordée. Certes, le biogaz pourra être stocké facilement si l'on maintient les installations de transport et de stockage aujourd'hui utilisées pour le gaz naturel. Ces stocks ne représentent néanmoins que 130 TWh, soit un tiers de notre consommation annuelle actuelle. En 2050, cela pourrait représenter un peu plus d'un an de production de biogaz, ce qui protège le pays en cas d'aléa ponctuel, mais pas en cas de crise plus persistante comme celles engendrées par les sécheresses pluriannuelles que connaissent déjà la Californie et l'Europe du Sud.

Le dernier risque, enfin, est celui d'une remise en cause de la hiérarchie des usages de la biomasse. Se tourner vers les bioénergies aura pour effet secondaire de multiplier les liens entre les cours, tous deux volatiles, des denrées alimentaires et de l'énergie. La crise alimentaire mondiale de 2007-2008, qui a vu le cours du blé multiplié par 2 en un an, a été amplifiée par le rapide développement des cultures dédiées aux biocarburants qui est venu ajouter une pression supplémentaire sur la production alimentaire. Si le développement des bioénergies est jusqu'ici pensé pour limiter de telles concurrences directes, la complexification des rotations culturales, où viendraient s'insérer des cultures intermédiaires, pourrait faire naître des situations de concur-

« L'arrêt d'un méthaniseur implique la mort de la population bactérienne qui assure sa digestion, et mettra ensuite du temps à se reconstituer au redémarrage. »



rences indirectes. Par exemple, les agriculteurs pourraient être incités à repousser la récolte des CIVE au détriment des récoltes alimentaires pour maximiser leurs revenus.

Rendre le système plus résilient

Face à ces risques, que faire? Doit-on abandonner la biomasse? Probablement pas. Bien que variable, ce gisement reste un atout majeur, d'autant plus que les alternatives pour verdir la consommation énergétique non électrique sont peu nombreuses. Néanmoins, la forte variabilité de la production de biomasse pour l'énergie devra être prise en compte à tous les niveaux, du champ au consommateur.

L'agroécologie, cette indispensable utopie

Si sa cause première tient à la sensibilité des cultures aux aléas climatiques, c'est aussi à cet échelon qu'il faut d'abord agir. On oppose aujourd'hui deux modèles agricoles : d'un côté, le modèle industrialo-technique qui, par la mécanisation, la spécialisation des régions agricoles et la standardisation des procédés, a contribué à l'explosion des rendements lors du siècle dernier; et de l'autre, le modèle agroécologique qui cherche à replacer la santé des écosystèmes et des sols au cœur des pratiques agricoles, mais peine à se déployer à grande échelle. La transition du premier modèle vers le second est vue par certains comme une utopie, par d'autres comme une nécessité, si bien que la France – comme l'Europe – peine à définir une feuille de route claire pour permettre à l'agriculture de répondre au défi climatique. Si ce débat est bien trop large et complexe pour être tranché ici, le traitement spécifique

de la variabilité apporte des éléments nouveaux, car les productions agricoles les moins résilientes sont en général les monocultures cultivées sur de larges parcelles. Les maladies y prolifèrent plus vite entre les plants, et les sols, déjà dégradés – dans la Beauce en particulier –, retiennent moins bien l'eau pendant les étés secs.

Ne pas négliger les solutions connues

Une agriculture plus résistante aux aléas sera donc le premier pilier des stratégies de résilience de la biomasse. Cela ne suffira cependant pas, l'aval de la chaîne devra aussi apprendre à s'adapter. Faire avec une ressource qui n'est pas disponible où et quand on en a besoin est une problématique fondamentale pour le monde de l'énergie. Les énergies fossiles se caractérisent par une production à peu près constante, mais doivent être acheminées jusqu'à leur lieu de consommation. Les nouvelles énergies renouvelables électriques (éolien et solaire) ajoutent à la problématique géographique le défi de l'intermittence temporelle. Pour y répondre, l'écrasante majorité des solutions ne s'appuient en fait que sur deux leviers très simples : le stockage et le transport. Et la biomasse n'échappe pas à cette règle. Comme déjà évoqué, les capacités existantes de stockage de gaz devront certainement être utilisées à plein en 2050. Néanmoins, le stockage devra aussi être pensé en amont des méthaniseurs et des transformateurs de biomasse pour leur assurer une marge de sécurité en cas de pénurie. Même si la rigidité de fonctionnement de ces installations pourrait être atténuée par des relations contractuelles repensées sans obligation de volume d'injection, les méthaniseurs ne pourront pas être arrêtés

et redémarrés à la demande en cas de crise. En effet, l'arrêt d'un méthaniseur implique la mort de la population bactérienne qui assure sa digestion, et mettra ensuite du temps à se reconstituer au redémarrage.

Le transport, de biomasse ou directement de biogaz, est également possible, au moins à l'échelle européenne. Si les importations de biomasse pour l'énergie sont aujourd'hui une réalité (en 2020, 67% de la biomasse utilisée pour les biocarburants était importée), la faible densité énergétique des intrants pour le biogaz rend leur transport moins intéressant que les importations de biogaz, moins coûteuses en argent et en émissions de carbone. Ces dernières pourraient, de surcroît, bénéficier du réseau existant qui relie en particulier la France à l'Europe de l'Est. Reste à savoir s'il y aura effectivement du biogaz à y faire circuler les années de pénurie ou s'il faudra revenir ponctuellement à de la consommation de gaz fossile. Les échanges seront conditionnés par l'occurrence d'excédents de production dans certains pays quand la France manquera de biomasse. Ce scénario n'est pas le plus probable. Beaucoup d'aléas impactant la production agricole ont une extension spatiale qui dépasse celle d'un pays, les rendements dans des pays voisins connaissant en général des variations similaires. Ainsi, les rendements du blé et du maïs en France et en Allemagne sur les trente dernières années présentent des corrélations élevées.

Un défi pour l'État : inciter les acteurs à s'engager sur une voie incertaine

Pour répondre aux enjeux de la variabilité de la biomasse, le rôle de l'État sera double : assurer le risque en temps normal et réaliser des arbitrages en cas de crise. La récente réforme de l'assurance récolte est un premier pas dans la bonne direction. Les pertes de récoltes accrues et de plus en plus irrégulières ayant rendu de nombreuses exploitations non assurables par le secteur privé, l'État a choisi de venir en renfort en prenant en charge une part plus importante des dommages des assurés au-delà de 50% de pertes. En contrepartie, les agriculteurs non assurés par le privé sont moins bien couverts, ce qui les incite à s'assurer. Le but est de renforcer la contribution de chaque acteur, à son niveau : l'agriculteur qui mettra tout en œuvre pour rendre sa production la plus résiliente possible, les assureurs qui devront couvrir un plus grand nombre d'exploitations, et l'État qui devra assurer à tous un filet de sécurité. Ce système, aujourd'hui pensé dans un cadre agricole alimentaire, devra être étendu aux productions pour l'énergie, voire amélioré pour rendre économiquement incitatives certaines mesures préventives (stockage, pratiques agroécologiques, etc.).

Un tel dispositif, qui couvre financièrement les acteurs, n'a en revanche qu'un effet limité sur la production finale de biomasse et ne permettra donc pas d'éviter les pénuries. Quand la ressource manquera, on ne pourra faire confiance aux lois du marché pour répartir son usage entre les acteurs. L'objectif à atteindre est, d'une part, éviter une remise en cause non souhaitable de la hiérarchie des usages – on ne veut pas affamer les troupeaux si les prix de l'énergie sont hauts – et, d'autre part, éviter des faillites en cascade

des acteurs économiques de petite taille, incapables de sécuriser des approvisionnements de long terme comme ceux aux grandes ressources en capital. Il faudra donc un arbitre capable de trancher sur une répartition de la biomasse disponible au nom de l'intérêt général et qui, dans la continuité du rôle renforcé de l'État comme assureur, devra fournir une compensation aux acteurs qui auront consenti un effort.

Du fait de la diversité et de la complexité de nos territoires, nous pensons que de tels arbitrages ne pourront être faits qu'à l'échelle locale et proposons de renforcer le rôle des cellules biomasse existantes pour assurer ce rôle. Aujourd'hui surtout responsables de la préparation des schémas régionaux biomasse qui visent à planifier et à orienter la production et les usages énergétiques de la biomasse à l'échelle régionale, ces organes à la main des préfets devraient voir leur compétence étendue à tous les usages de la biomasse. Ces organes pourraient alors constituer un outil adapté pour acquérir la réactivité nécessaire à la gestion des crises qui ne manqueront pas de se présenter¹.

François Challet et Arthur Fourny, ingénieurs des mines

NOTES

1. Pour en savoir plus : François Challet, Arthur Fourny, « La biomasse : une énergie intermittente à horizon 2050? », mémoire de troisième année du Corps des Mines, 2023 – <https://mines-paristech.hal.science/hal-04166035>

La Gazette de la société et des Techniques

La Gazette de la Société et des Techniques a pour ambition de faire connaître des travaux qui peuvent éclairer l'opinion, sans prendre parti dans les débats politiques et sans être l'expression d'un point de vue officiel. Elle est diffusée par abonnements gratuits. Vous pouvez en demander des exemplaires ou suggérer des noms de personnes que vous estimez bon d'abonner.

Vous pouvez consulter tous les numéros sur le web à l'adresse :
<http://www.anales.org/gazette.html>

RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Dépôt légal Septembre 2023

La Gazette de la Société et des Techniques

est éditée par les *Annales des Mines*

120, rue de Bercy – télédéc 797 – 75012 Paris

<http://www.anales.org/gazette.html>

Tél. : 01 42 79 40 84 – Mél. : michel.berry@ecole.org

N° ISSN 1621-2231

Directeur de la publication : Grégoire Postel-Vinay

Rédacteur en chef : Michel Berry

Illustrations : Véronique Deiss

Réalisation : École de Paris du management

Impression : service de reprographie du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

