

ÉVOLUTION DES SYSTÈMES AGRICOLES EN FRANCE : QUELS IMPACTS SUR LA DISPONIBILITÉ ET LES FLUX DE BIOMASSE ?

Synthèse de l'étude réalisée par Agrosolutions et EIFER, préalable à la parution du rapport complet au premier semestre 2022

Mars 2022



1. Introduction

La disponibilité de biomasse agricole à des fins énergétiques varie d'un modèle agricole à l'autre. L'évolution du modèle de la « Ferme France » détermine donc directement la capacité de la France et de ses industriels à atteindre les objectifs de politique publique énergétique compte-tenu de la part assignée au biogaz /biométhane. Par réciproque, les choix politiques qui orientent nos trajectoires énergétiques ne sont pas neutres sur l'engagement induit pour le secteur agricole à fournir de la biomasse-énergie.

Sur le terrain - *au champ* - une interrogation croissante porte sur le réalisme des objectifs politiques assignés à la biomasse-énergie : dans les conditions techniques et économiques actuelles et compte-tenu de la transition environnementale qu'elle doit assurer, il apparaît de moins en moins certain que l'agriculture a et aura la capacité à fournir le secteur énergétique en proportion attendue de biomasse-énergie. Les industriels de l'énergie constatent de leur côté la difficulté des filières à se structurer au rythme prévu par le gouvernement.

L'agriculture est en pleine mutation et différentes visions de son avenir possible sont discutées dans des débats plus ou moins réalistes mais toujours passionnés. Différentes trajectoires sont possibles mais la seule certitude est que les réalités de terrain diffèrent toujours - et déjà - des projections des experts. En effet nous - *acteurs de terrain de l'amont agricole* - constatons qu'il est fréquent que les études prospectives portant sur l'avenir de l'agriculture et qui nourrissent la réflexion publique à l'origine des objectifs quantifiés de production de biogaz/biométhane sous-estiment les contingences réelles d'un changement technique et économique lorsqu'il est sensé s'appliquer à l'ensemble des exploitations agricoles française. Dès lors les objectifs publics sur le biogaz risquent d'être incohérent ou de ne pas suffisamment mesurer les conditions nécessaires à l'atteinte de tels objectifs.

Partant du constat que les études de prospective sur le biogaz/biométhane font trop souvent l'impasse sur les freins techniques et économiques rencontrés en phase de construction des filières biogaz, et afin de contribuer à une discussion nécessaire pour permettre à l'agriculture d'assurer les objectifs publics de production de biogaz dans les conditions du développement durable, Agrosolutions initie avec ses partenaires industriels un cycle de travaux destiné à préciser ces conditions.

En posant des hypothèses issues d'un « réalisme de terrain » sur les dimensions techniques et économiques de cette transition, cette première partie des travaux analyse le potentiel de biomasse que l'agriculture pourra destiner au secteur énergétique selon 3 grandes trajectoires de transition possibles. Ces trajectoires ont été déterminées en fonction des arbitrages qui seront pris sur les principales questions actuellement en débat sur l'agriculture de demain : 1) le maintien d'un objectif de compétitivité à l'export, 2) le degré de multifonctionnalité de l'agriculture et 3) la place de l'innovation technologique, en particulier génétique.

Pour chacun des 3 scénarios nous avons estimé le potentiel de production de biogaz/biométhane que peut dégager l'agriculture, 1) dans les limites d'une gestion pérenne du « capital naturel sol » et 2) compte tenu des limites que le contexte technique et économique actuel impose à l'amont agricole dans sa transition.

Cette approche « à dire d'experts » pourra contraster avec les études prospectives plus classiques réalisées sur le sujet et qui ont nourri la projection politique. Ce positionnement est assumé face à une réalité qui illustre déjà les limites de ces études qui le plus souvent ne prennent pas en compte les écueils systématiques du changement sociotechnique, en partie prévisibles lorsque l'on interroge la profession dans sa globalité.

Ces travaux, dont les résultats sont encore préliminaires, sont une proposition de « l'amont agricole » destinée à ouvrir la discussion sur les conditions possibles, « vues du terrain », de la nécessaire transition agricole.

Avant une parution complète des résultats courant 2022, nous proposons ici une présentation introductive de l'étude.

Nous présentons dans ce rapport les scénarios de transition de l'agriculture française définis pour l'exercice de simulation, ainsi qu'une synthèse des résultats chiffrés par scénario.

Le détail des éléments chiffrés et hypothèses associées sera disponible dans le rapport complet.

En parallèle de cette étude portant sur une approche macro « France » basée sur de la modélisation prospective, Agrosolutions et EIFER mènent une étude de terrain destinée à qualifier et chiffrer les déterminants techniques et économiques liés au déploiement des cultures énergétiques dans le Grand Est.

2. Qui sommes-nous ?

Agrosolutions

Agrosolutions est un cabinet de conseil spécialisé sur la transition environnementale de l'agriculture, et accompagne les coopératives agricoles en conseil agronomique depuis plus de 40 ans. Agrosolutions est en particulier leader sur la transition bas-carbone de l'agriculture. Sur le biogaz, Agrosolutions accompagne plusieurs projets de R&D de terrain, avec pour objectif de comprendre et lever les freins au déploiement à grande échelle de cette filière dans les conditions réelles de l'agriculture de grandes cultures.

EIFER

EIFER (Europäisches Institut für Energieforschung) est un groupement européen d'intérêt économique (GEIE)

entre le KIT (Karlsruhe Institute of Technology - Université de Karlsruhe) et EDF fondé en 2002. Basé à Karlsruhe, EIFER est un institut de recherche pluridisciplinaire à but non lucratif, orienté vers la recherche appliquée, qui travaille au développement de systèmes énergétiques durables intégrant les besoins et les ressources des villes et des territoires.

Les compétences d'EIFER sur les bioénergies couvrent toute la chaîne de valeur de la filière : caractérisation et évaluation de ressources, procédés de transformation (prétraitement, combustion, gazéification, méthanisation, ...), analyses technico-économiques, modélisation des procédés et des systèmes.

3. Pourquoi de nouveaux travaux sur ce sujet ?

Les objectifs politiques de production de gaz à partir de biomasse agricole sont très ambitieux, avec par exemple une multiplication par 35 à 55 de l'injection de biométhane à l'horizon 2028 (PPE 2019-2028). C'est une bonne nouvelle pour la profession agricole pour qui la diversification des débouchés est d'autant plus une opportunité qu'elle peut répondre aux objectifs nationaux de verdissement de l'économie.

En plus de ce nouvel objectif de production de matière première énergétique et de son historique rôle nourricier, l'agriculture doit assurer de nouvelles fonctions : production de matière première pour les matériaux, gestion du capital naturel (eau, sol, biodiversité), préservation des

paysages, réduction d'émissions et stockage de carbone.

S'il est avéré que l'agriculture peut répondre à chacune de ces fonctions prises isolément, une interrogation demeure sur sa capacité à toutes les assurer de front, aux niveaux d'attentes prescrits, dans les conditions techniques et économiques actuelles.

A cette multiplication des attentes, il faut ajouter que les dernières années ont été marquées par de nombreuses déconvenues agronomiques (par exemple sur la culture des légumineuses) qui illustrent la complexité à réussir cette transition. Ces « impasses agronomiques » sont le fait notamment du changement climatique mais également d'un resserrement de la réglementation, des

normes sur les traitements phytosanitaires autorisés et des objectifs environnementaux de l'agriculture décorrélés de tout ajustement de son modèle économique.

Dans ce contexte où l'agriculture fait face à un renforcement des

contraintes et à une multiplication des attentes il nous a donc semblé utile d'initier un cycle de travaux sur la réalité des transitions possibles, mais surtout – angle mort récurrent des politiques publiques - des conditions de leur réussite, vu de l'amont agricole.

4. Méthode

Périmètre et définition de la biomasse agricole

Le périmètre de l'étude couvre les gisements de biomasse liés aux systèmes agricoles, à l'échelle nationale¹ : effluents d'élevages (fumier et lisier), résidus de cultures annuelles (pailles et menues pailles de céréales, maïs, oléagineux, protéagineux), issues de silos, cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE d'été et d'hiver). Les cultures dédiées dites pérennes (miscanthus, switchgrass, silphie) et la biomasse bois agricole (bocage et alignements d'arbres, haies) ont été étudiées dans les scénarios, mais n'ont pas été traduites en potentiel méthanisable.

Le périmètre de l'étude ne couvre pas les cultures annuelles dédiées à la bioénergie (maïs, sorgho, betterave, pomme de terre, etc.). L'usage alimentaire est jugé prioritaire dans les différents scénarios, et les hypothèses d'assolement effectuées ne prennent pas en considération de variations d'usage. De même, les surfaces en herbe ont été prises en compte dans les hypothèses d'assolement (pour l'usage en alimentation animale) mais n'ont pas été prise en considération pour une valorisation en méthanisation.

Les résidus de cultures pérennes (vigne et vergers), et taillis à Courte ou Très Courte Rotation n'ont pas été étudiés.

Chaque gisement a été caractérisé selon : i) la biomasse totale produite², ii) la biomasse mobilisable³ et iii) la biomasse mobilisée pour la méthanisation.

Principales sources de données

Le travail de prospective a été réalisé sur base de bibliographie et d'entretiens experts. Les experts interrogés étaient affiliés à :

- Des entreprises du secteur de la production agricole ou des agrofournitures ;
- Des structures de recherche et développement sur les thématiques d'agriculture, alimentation et environnement ;
- Des start-ups de la bioéconomie ;
- Des établissements ou administrations publiques.

Au préalable, un travail de compilation et d'analyse des sources bibliographiques disponibles a été réalisé, tant pour l'état des lieux des gisements actuels que pour les différents travaux de prospective ayant été conduits dans le domaine (étude

¹ Territoire de la France métropolitaine

² Quantité de biomasse récoltable

³ Soustraction des usages prioritaires agronomiques et pour l'alimentation humaine et animale

ADEME-GRDF⁴, scénario Afterres 2050⁵, scénario TYFA⁶, étude France Stratégie 2021⁷, etc.).

Des études et données statistiques ont été mobilisées pour enrichir le travail de quantification, en particulier les données de différentes études ADEME⁸, les statistiques annuelles du Service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, ainsi que les données de FranceAgriMer, d'après l'Observatoire national des ressources en biomasse (ONRB 2020⁹).

Construction des scénarios

3 scénarios de transition ont été construits sur base de combinaisons entre les choix suivants :

1 – Maintien d'une ambition de compétitivité à l'export

Le débat actuel oppose les partisans d'une agriculture française qui maintiendrait sa performance à l'export, contre les défenseurs d'un retour à une agriculture centrée sur l'autosuffisance alimentaire française mais sans ambitions de marchés au-delà de nos frontières.

2 – Degré de multifonctionnalité de l'agriculture

A sa fonction principale de production alimentaire, l'agriculture se voit de plus en plus incitée à ajouter les fonctions suivantes : fourniture de biomasse-énergie, fourniture de biomasse-matériaux, gestion/régénération du capital naturel, baisse des émissions de gaz à effet de serre et stockage de carbone. Toutes sont possibles individuellement, mais dans les

conditions techniques et économiques actuelles et la réalité de terrain, elles nécessitent souvent des arbitrages.

3 – Innovation, dont en particulier l'innovation génétique

L'innovation et en particulier l'innovation génétique liée aux nouvelles techniques de sélection que permet le génie génétique constitue un gisement de performance pour l'agriculture. L'innovation peut contribuer à atteindre les objectifs des différentes nouvelles fonctions de l'agriculture. Ce potentiel n'apparaît pas dans les études prospectives habituelles, nous l'intégrons dans certains de nos scénarios.

L'impact sur les flux de biomasse de chacun des scénarios a d'abord été évalué qualitativement et « à dire d'experts » dans les différents bassins de production, en assumant les constantes suivantes :

- L'assurance d'une production alimentaire suffisante pour la **sécurité alimentaire**, a minima à l'échelle nationale ;
- La garantie d'un **revenu décent pour l'agriculteur** dans les conditions techniques et économiques actuelles, le cas échéant nous avons indiqué les conditions d'aides ou de compléments de revenu nécessaires pour les volets de la transition concernés ;
- L'évolution vers une agriculture **« climat compatible »** : résiliente face aux aléas climatiques,

⁴ [Etude Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050, ADEME, GRDF et GRTgaz, 2018](#)

⁵ [Couturier C., Charru M., Doublet S., Pointereau P., Afterres 2050, Solagro, 2016](#)

⁶ [Poux X. \(ASCA, Iddri\), Aubert P.-M. \(Iddri\) Une Europe agroécologique en 2050 : une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine, 2018](#)

⁷ [Mourjane I., Fosse J., Biomasse agricole : quelles ressources pour quel potentiel énergétique ?, 2021](#)

⁸ [ADEME, SOLAGRO et INDIGGO, Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, rapport final, 2013, 117p ; ADEME, Deloitte, AILE et Alterra Wageningen, Mobilisation de la biomasse agricole, 2016](#)

⁹ [FranceAgriMer, ONRB \(2020\), Évaluation des ressources agricoles et agroalimentaires disponibles en France](#)

réduisant ses émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre, favorisant le stockage de carbone dans les sols et la biomasse aérienne.

Les entretiens experts ont permis d'isoler les paramètres suivants pour décrire l'évolution des systèmes agricoles :

Axe d'étude	Paramètres descriptifs
Performance des systèmes de production	<ul style="list-style-type: none"> Niveau d'utilisation des intrants Innovation & niveau de déploiement des nouvelles technologies (digital, génétique) Productivité et charge de travail Niveau de déploiement des pratiques agronomiques permettant de stocker du carbone et de s'adapter au changement climatique
Débouchés économiques à l'échelle de l'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> Développement des labels, primes filières et paiements pour services environnementaux Développement de l'Agriculture Biologique
Fondamentaux macro-économiques au niveau national	<ul style="list-style-type: none"> Objectifs nationaux d'autonomie protéique Objectifs nationaux de souveraineté alimentaire et compétitivité à l'export Prix de rachat du biogaz Prix de la tonne de carbone
Changements structurels des systèmes de culture	<ul style="list-style-type: none"> Niveau de déploiement des couverts, et en particulier CIVE d'été et d'hiver Niveau de déploiement des cultures à bas niveau d'intrants et des légumineuses Niveau de recours aux intrants chimiques
Changements structurels des systèmes d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> Cheptels Lien au sol, autonomie alimentaire, modes d'élevage Evolution des prairies et surfaces fourragères
Dynamique des grands bassins de production	<ul style="list-style-type: none"> Evolutions principales en termes d'assolement Niveau de spécialisation, complémentarité cultures-élevage Développement de la méthanisation
Implication sur l'évolution de la stratégie de fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> Niveau de fertilisation minérale Recours à d'autres sources d'azote (légumineuses, digestats, etc.)

Modélisation des évolutions des gisements de biomasse et production d'énergie

Agrosolutions a d'abord conduit un travail qualitatif, à dire d'experts, de construction des scénarios et d'évaluation de la variation induite sur les flux de biomasse dans les bassins de production. Cette approche a été complétée par une modélisation quantitative à l'échelle nationale : les hypothèses de production ont été chiffrées par Agrosolutions puis converties par EIFER en potentiel de

production de biométhane (en TWh PCI).

Une estimation de l'état initial a été réalisée, sur base des données de la bibliographie et d'hypothèses lorsque les données n'étaient pas disponibles (surfaces en CIVE, production associée, taux de mobilisation des effluents ou des résidus de culture pour la méthanisation, etc.).

Cette modélisation permet de traduire ces projections qualitatives en résultats chiffrés, lesquels seront présentés plus en détail dans le rapport complet.

5. Présentation générale des trois scénarios d'évolution des systèmes agricoles

Les paramètres des scénarios ont été ajustés de manière à assurer les « constantes » présentées ci-dessus (sécurité alimentaire, revenu de l'agriculteur et compatibilité climatique).

L'objectif de sécurité alimentaire nationale s'est traduit par une tendance globale à la diversification des assolements permettant notamment le renforcement de certaines productions (protéagineux par exemple), et une limitation sur les hypothèses de dégradation de cheptels ou de rendements.

L'objectif d'un revenu décent pour l'agriculteur a été traduit par :

- Une certaine prudence sur les hypothèses impactant l'équilibre économique de l'exploitation (diminution de rendement, transition estimée comme risquée) ;
- Un changement de paradigme sur les rémunérations des services

environnementaux lorsque les hypothèses réalisées impliquaient un changement de modèle économique significatif pour l'agriculture, (évolution des primes filières ou prix plancher de la tonne de carbone).

L'évolution vers une agriculture climat compatible implique l'adoption de différents leviers d'adaptation au changement climatique et de réduction des impacts directs et indirects. Les hypothèses que nous avons formulées pour intégrer ces leviers ont pris en compte l'équilibre des agroécosystèmes, le bouclage des cycles, la stimulation des services écosystémiques et la protection de la biodiversité.

L'atteinte de ces objectifs fondamentaux dans les différents scénarios a été évaluée de manière qualitative.

Trois scénarios d'évolution à l'horizon 2050

Ci-dessous les trois scénarios proposés :

1	2	3
<p>Une agriculture multifonctionnelle et « régénératrice »</p> <p><i>L'équilibre économique n'est pas assuré par la performance productive mais par la valorisation économique des services écosystémiques.</i></p>	<p>Une agriculture spécialisée sur l'alimentation, « productiviste » et exportatrice</p> <p><i>L'équilibre économique est assuré par la performance productive et la compétitivité à l'export des excédents, essentiellement en débouchés alimentaires.</i></p>	<p>Une agriculture multifonctionnelle et orientée sur la performance productive, mais « isolationniste »</p> <p><i>L'équilibre économique est assuré par un équilibre des différents débouchés alimentaire, énergie et biomatériaux au niveau national.</i></p>



Scénario 1 : Une agriculture multifonctionnelle et « régénératrice »

Dans ce scénario :

- **L'ambition productiviste de l'agriculture française est abandonnée** tout comme sa vocation à nourrir le monde ;
- Les systèmes agricoles évoluent dans leurs pratiques et leur organisation, de manière à **s'appuyer fortement sur les services de leur écosystème** ;
- Le contexte économique et réglementaire évolue en profondeur pour **financer la transition et rémunérer les services environnementaux rendus**.

Des systèmes de production dont la performance est basée sur la valorisation des services de l'écosystème

Le premier enjeu pour les systèmes agricoles dans ce scénario est de protéger voire de régénérer le capital naturel des agroécosystèmes, tels que la matière organique du sol, les éléments minéraux, ou la biodiversité. Des pratiques agronomiques sont mises en place pour adresser cet enjeu (cultures intermédiaires, fertilisation organique, maintien des prairies permanentes, haies, etc.), toujours favorables au stockage de carbone dans les sols et la biomasse aérienne.

Ces systèmes de production présentent une meilleure résilience face aux aléas climatiques et économiques, dans la mesure où ils sont diversifiés dans l'espace et le temps (rotations longues, infrastructures paysagères) et qu'ils s'appuient sur des écosystèmes riches et à l'équilibre.

La productivité des systèmes est plus faible, associée à la limitation de l'usage des intrants de synthèse, en particulier les fertilisants minéraux. Les systèmes gagnent en complexité et la charge de travail s'avère dans la majeure partie des cas plus importante, du fait d'un plus fort niveau de diversification des activités et des tâches.

Un modèle économique conditionné par la rémunération des services environnementaux

La rentabilité économique est dépendante d'une forte rémunération des services environnementaux rendus, dans la mesure où les volumes produits sont en baisse. Ainsi, de nouveaux cahiers des charges et labels spécifiques valorisant le stockage de carbone, la protection de la ressource en eau, ou la protection de la biodiversité se développent. L'agriculture de conservation des sols, l'agriculture bas carbone, ou l'agriculture régénératrice sont valorisées. Les cahiers des charges actuels (Label Rouge par exemple) se renforcent pour associer qualité des produits et impact environnemental, et des primes filières se mettent en place pour rémunérer les agriculteurs. Enfin, l'Agriculture Biologique est en fort développement, répondant à l'enjeu de limiter les intrants de synthèse.

Des mutations fortes au niveau macro-économique

La priorité est donnée à l'autonomie alimentaire nationale : les grands équilibres d'assolements sont revus, avec une déspecialisation des exploitations de grandes cultures (essor des productions légumières, protéagineux) et une forte baisse des cultures de céréales dédiées à l'export. Les importations de protéagineux (soja en particulier) et viande sont réduites. La filière oléo-protéagineux se structure grâce à un

plan protéines finançant de la R&D et des investissements, et grâce aux mécanismes de paiements pour services environnementaux.

Le marché carbone volontaire s'est structuré et la tonne de carbone a atteint une valeur permettant de rémunérer les changements de pratiques nécessaires à

la transformation bas-carbone des systèmes (100 € / tonne minimum).

Des taxes sur l'usage des fertilisants minéraux et des produits phytosanitaires sont mises en place, contribuant à financer les systèmes agricoles peu consommateurs d'intrants.



Scénario 2 : Une agriculture spécialisée sur l'alimentation, « productiviste » et exportatrice

Dans ce scénario :

- **L'agriculture française a une ambition productiviste** pour nourrir les français et le monde : la priorité est donnée à l'usage alimentaire ;
- **L'agriculture française est compétitive à l'export** et présente un solde net très excédentaire ;
- **L'innovation technologique** sert une performance agronomique permettant de combiner une forte production de biomasse et le respect des engagements climatiques ;
- Les pratiques favorisant le stockage de carbone dans les sols agricoles et la biomasse aérienne (haies, alignements d'arbres), ainsi que l'optimisation de l'usage des intrants sont favorisées, présentant de nombreux **co-bénéfices environnementaux** (biodiversité, qualité de l'eau, etc.).

Le pari de l'optimisation de l'efficacité des systèmes agricoles

L'enjeu pour les systèmes agricoles est avant tout d'augmenter la productivité et d'optimiser l'usage des intrants (produire plus avec moins), afin d'améliorer l'efficacité économique et environnementale. Le recours à certaines technologies est une voie privilégiée dans ce scénario, via des techniques de sélection variétale (New Breeding Techniques) ou des outils digitaux de pilotage des apports d'intrants selon les besoins des cultures et animaux.

Les pratiques agronomiques permettant le stockage de carbone dans les sols et les éléments paysagers sont encouragés afin d'atteindre les objectifs climatiques. Par ailleurs, l'introduction de protéagineux dans les rotations est soutenue, dans un objectif d'autonomie en protéines végétales et d'optimisation de l'usage des fertilisants sur les systèmes de culture. L'innovation variétale ainsi que dans les systèmes de lutte biologique et d'agriculture de précision, couplée à un niveau d'aides aux filières

protéagineux permet un redécoupage de la filière.

Un modèle économique basé sur les volumes

Dans cette logique, le modèle économique est basé sur la productivité des systèmes et la limitation des coûts des intrants grâce à l'agriculture de précision. Les surfaces en Agriculture Biologique sont stables, les labels de qualité existants (Label Rouge, appellations d'origine, filières qualité) persistent, en raison du lien au terroir français et des standards de qualité qu'ils représentent.

Une agriculture tournée vers l'export

Les productions françaises restent compétitives à l'export, les exportations sont maintenues à leur niveau actuel, le solde net est largement excédentaire.

Les importations en protéagineux baissent, grâce à une production française soutenue par les politiques publiques, une plus grande demande consommateur et une amélioration des rendements permise par la sélection variétale.



Scénario 3 : Une agriculture multifonctionnelle et orientée sur la performance productive, mais « isolationniste »

Dans ce scénario :

- **L'agriculture française est productiviste et adresse des débouchés diversifiés :** alimentation, énergie, biomatériaux, services environnementaux, etc.
- **Les ambitions à l'export sont abandonnées** (faible compétitivité), les surfaces libérées sont affectées à la production de biomasse non alimentaire, permis par un dimensionnement adapté de l'environnement économique et réglementaire des filières ;
- Les systèmes de production évoluent pour **favoriser le stockage de carbone**, une place importante est donnée au raisonnement agronomique à l'échelle de la rotation.

La recherche d'un productivisme durable

Dans ce scénario, les systèmes de production visent à maximiser la biomasse produite mais une place importante est donnée au raisonnement agronomique dans la stratégie d'exploitation, afin de protéger les ressources (eau, sol, biodiversité) et le climat.

La couverture des sols, l'allongement des rotations, l'introduction de légumineuses ou encore l'autonomie protéique des élevages sont des leviers mobilisés pour tendre vers un productivisme durable. Les pratiques agronomiques permettant de stocker du carbone se développent massivement, et les éléments paysagers (haies, agroforesterie) sont valorisés pour la production de biomasse et les services environnementaux (biodiversité, carbone).

L'usage des intrants est piloté dans le temps et dans l'espace selon les besoins des cultures et cheptels grâce à des technologies de modulation (cartographie, robots, etc.).

Des débouchés diversifiés sur le marché national

Les productions sont valorisées sur le marché national, les ambitions à l'export étant abandonnées par manque de compétitivité.

La biomasse non alimentaire est bien valorisée, les débouchés associés sont rémunérateurs et des revenus complémentaires sont apportés sur certaines exploitations (éolien, agrivoltaïsme).

Les paiements pour services environnementaux et les primes filières se développent pour encourager les services environnementaux rendus, la traçabilité et la qualité des productions. En particulier, les crédits carbone sont valorisés à des valeurs assez élevées sur le marché volontaire.

Structuration de filières alimentaires et non alimentaires

Le prix du biogaz/biométhane permet une rémunération attractive de l'amont agricole, encourageant la structuration de filières de production de biomasse non alimentaires, telles que les cultures intermédiaires. L'intégration de ces productions dans le cycle cultural entraîne une réorganisation des systèmes de culture et des assolements et par conséquent la restructuration de certaines filières.

Les filières d'oléo-protéagineux destinées à l'alimentation animale et humaine se structurent (pois, féverole, soja, lupin), profitant d'un plan protéique national et de paiements pour services

environnementaux. Cependant, certains verrous techniques (sensibilité aux maladies en particulier) perdurent.

6. Perspectives d'évolution des gisements de biomasse

Nous présentons ici, pour chacun des scénarios étudiés l'évolution des systèmes de production dans les différents bassins de production, et l'impact induit, d'un point de vue qualitatif et descriptif, sur les gisements de biomasse. Ces éléments ont été intégrés dans le modèle quantitatif présenté en synthèse à la fin du rapport.



Scénario 1 : Une agriculture multifonctionnelle et « régénératrice »

Des systèmes de culture basés sur les principes de l'agriculture régénératrice

Les systèmes de culture sont diversifiés, les rotations sont longues (plus de 7 ans).

Des pratiques favorisant la couverture des sols sont mises en place (couverts d'intercultures en particulier), entraînant la production de nouvelles sources de biomasse. **Cependant, le retour au sol de ces biomasses reste privilégié.** Les exportations de biomasse sont raisonnées selon le contexte de la parcelle (potentiel de stockage de carbone, rotation en place).

Ces systèmes ont un recours très limité aux intrants chimiques. La protection intégrée des cultures (lutte biologique) est privilégiée et le travail du sol est limité.

Les doses de fertilisation minérale sont considérablement diminuées (ce qui induit une baisse du rendement objectif). Les légumineuses introduites dans les systèmes constituent une source d'azote significative et les effluents d'élevage représentent une ressource privilégiée pour apports organiques. Les digestats de méthanisation constituent une ressource complémentaire, de même que d'autres ressources organiques (boues de stations d'épuration, composts). Cependant, les incertitudes relatives aux impacts sur la santé des sols de ces matières limitent leurs usages.

Les agriculteurs peuvent avoir recours à des outils digitaux et à la robotique pour

gérer certains systèmes agronomiques complexes et absorber la charge de travail (désherbage en betterave ou cultures légumières par exemple).

Baisse des cheptels, extensification et valorisation des ressources locales

Dans ce scénario, les élevages intensifs et hors-sol sont délaissés au profit d'élevages ayant une plus faible productivité à l'hectare et davantage liés au sol (valorisant en particulier des surfaces en herbe). Une baisse globale des cheptels est ainsi constatée, l'enjeu est cependant de les maintenir à un niveau suffisant pour la ressource en matière fertilisante qu'ils représentent et pour satisfaire la demande en viande du marché français.

La priorité est donnée à la valorisation des ressources locales (herbe, fourrages récoltés, légumineuses à graines, coproduits industriels) et les achats d'aliments sont limités. Les surfaces en prairies augmentent, de même que celles en légumineuses et en intercultures destinées aux fourrages. L'élevage, quand il est présent, constitue une source de valorisation prioritaire pour ces surfaces, devant la valorisation non alimentaire.

L'origine France est privilégiée dans les comportements de consommation, les filières d'engraissement à l'étranger sont abandonnées et les importations de viande sont en baisse.

Diversification territoriale

Les bassins de production de grandes cultures se diversifient, quelques élevages sont de retour dans la plaine pour fournir de la matière organique.

La méthanisation basée sur des ressources végétales se développe dans les zones intermédiaires à plus faible potentiel agronomique, avec l'introduction de prairies temporaires fauchées pour la bioénergie. Au-delà de la production d'énergie, elles présentent l'intérêt d'allonger les rotations et de stocker du carbone.

Les productions maraîchères se développent en zones urbaines et péri-urbaines, pour répondre à la demande locale.

Impacts sur les gisements de biomasse : baisse pressentie de la biomasse disponible

Dans ce scénario, la diminution des cheptels induit une moins grande disponibilité des effluents d'élevage. Ces derniers sont également **moins mobilisables** en raison de l'extensification des systèmes d'élevage (temps de présence en bâtiment des animaux réduit), et d'un usage en épandage prioritaire.

Les cultures intermédiaires se développent fortement au vu de leurs bénéfices environnementaux, mais sont peu exportées pour des usages

énergétiques : l'objectif productif et l'exportation sont assurées seulement quand le contexte pédoclimatique le permet. Le gisement mobilisable est donc dégradé par rapport à un gisement disponible en augmentation. Les CIVE d'hiver présentent un développement plus important que les CIVE d'été (concurrence avec la ressource en eau et avec l'utilisation comme ressource fourragère n'engageant pas d'objectif de productivité pour ces couverts).

La biomasse disponible, mobilisable et mobilisée diminue pour les résidus de cultures et les issues de silos, en raison de rendements diminués par rapport à la situation actuelle. Par ailleurs le retour au sol reste privilégié pour les pailles de céréales.

Les gisements issus de cultures à bas niveau d'intrant (chanvre par exemple) ou de cultures dites pérennes (miscanthus) augmentent, portés par des débouchés attractifs et des paiements pour services environnementaux adaptés. Les surfaces en cultures dédiées à un usage non alimentaire ne présentant pas de bénéfices environnementaux à la parcelle stagnant.

Enfin, **le gisement en biomasse bois agricole augmente** (haies, alignements d'arbres), et est mobilisé pour la bioénergie.

Au global, dans ce scénario, les gisements disponibles évoluent plutôt dans le sens d'une augmentation de la biomasse non alimentaire produite (via les couverts d'interculture et la biomasse bois) et d'une baisse de la biomasse alimentaire, due à une plus faible productivité et à une extensification des systèmes.

La disponibilité de la biomasse pour la bioénergie augmente mais varie cependant selon le contexte pédoclimatique et agronomique de la parcelle, le retour au sol (y compris des effluents) est privilégié et les conditions de récolte incertaines.

Ce scénario traduit une évolution de la répartition spatiale des gisements en biomasse, avec une tendance à la déspecialisation des bassins de production.



Scénario 2 : Une agriculture spécialisée sur l'alimentation, « productiviste » et exportatrice

Spécialisation sur des cultures compétitives

Les cultures alimentaires et d'exportation ont une place centrale dans les rotations.

La priorité est donnée à la qualité de leur implantation et à leur bon développement.

Les cultures intermédiaires sont promues pour leur intérêt environnemental mais ne sont que peu valorisées et récoltées pour ne pas pénaliser l'implantation de la culture principale (par exemple par un décalage de date de semis), au vu du risque climatique.

Outre les cultures intermédiaires, d'autres pratiques favorables au stockage de carbone sont mises en place pour répondre aux objectifs climatiques : développement de l'agroforesterie, maintien des prairies permanentes et des haies, ...etc.

L'intégration de légumineuses dans les assolements pour l'alimentation animale et humaine constitue aussi un incontournable pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les technologies de sélection variétale ont contribué à rendre ces cultures compétitives.

La fertilisation minérale azotée est maintenue à un niveau élevé pour atteindre des niveaux de rendements équivalents à l'actuel. Les apports sont ajustés via des outils de modulation. Les systèmes de culture en zones spécialisées sur les productions végétales intensifient leurs recours à d'autres formes de matières organiques que les effluents d'élevage (composts, boues de stations d'épuration, retour au sol des couverts).

Elevages intensifs et maintien des prairies

Les systèmes d'élevages sont principalement intensifs afin d'optimiser les coûts de production et de limiter

l'impact environnemental : l'enjeu est d'optimiser la conduite d'élevage, en réduisant les temps improductifs (maladies, infertilité), et en ajustant au mieux les apports d'aliments aux besoins des animaux. Les technologies digitales se développent en ce sens (robots, distributeurs automatiques, capteurs, etc.). L'agriculture pastorale se maintient dans les zones montagnardes peu accessibles, permettant l'entretien des paysages et la lutte contre l'érosion.

Les surfaces en prairies sont maintenues à leur niveau actuel, pour éviter un déstockage de carbone. L'origine France est mise en avant pour l'alimentation animale, en particulier sur les protéines (arrêt de l'import de soja issu de la déforestation).

Maintien des grands bassins et tendance à la spécialisation

Les grands bassins de production actuels sont maintenus, les territoires tendent à se spécialiser sur certaines productions afin d'optimiser les coûts de production, de gagner en compétitivité économique sur les opérations transformation et de gagner des parts de marché à l'export.

Impacts sur les gisements de biomasse : un gisement du côté des élevages

Dans ce scénario, les cheptels étant à un niveau similaire à celui de 2020, le gisement en **effluents d'élevage disponibles ne baisse pas, et il est plus facilement mobilisable** (systèmes intensifs et bâtiments).

Le gisement en cultures intermédiaires à vocation énergétique reste limité, la priorité étant donné aux cultures alimentaires et exportatrices. Les couverts mis en place sont utilisés comme

levier agronomique dans ces systèmes intensifs (insertion de légumineuses, etc.), la priorité n'est donc pas à l'export de la matière organique qu'ils produisent. Sur certaines cultures les évolutions variétales ont pu permettre une meilleure précocité et réduire les risques sur l'implantation de cultures de printemps après les CIVE d'hiver.

La disponibilité de la biomasse en résidus de cultures et issues de silos est maintenue dans ce scénario : dans cette

logique productiviste, les rendements ne baissent pas malgré les aléas climatiques et les difficultés techniques associées.

Enfin, les cultures pérennes à vocation énergétique peuvent être amenées à se développer dans certaines zones à fort enjeu environnemental. Le linéaire de haies actuel est maintenu pour ne pas dégrader le stock de carbone actuel, mais cette biomasse reste peu valorisée.

Au vu du faible développement des CIVE dans ce scénario, les effluents d'élevage s'avèrent être la principale ressource de biomasse, le gisement restant important et étant plus facilement mobilisable dans ces systèmes.

La priorité reste à la production de biomasse alimentaire, dont le gisement en coproduits est donc légèrement plus important.



Scénario 3 : Une agriculture multifonctionnelle et orientée sur la performance productive, mais « isolationniste »

Diversification des assolements et intensification de la production

Les rotations sont dans la majorité des cas longues (7 ans), intégrant des légumineuses en intercultures ou en cultures principales, dédiées au marché national.

Les systèmes de culture sont intensifiés, avec des productions à cycle court en interculture (3 cultures en 2 ans). Certaines cultures sont délaissées dans certains contextes (colza pour tournesol par exemple), les choix s'orientant vers des cultures à cycle court pour permettre le développement suffisant des couverts. Lorsque qu'elles ne sont pas laissées au sol, **le retour au sol de ces matières est assuré sous forme de digestat.** Cette ressource organique est normalisée, ses valeurs fertilisantes sont connues et des outils de pilotage sont utilisés pour l'épandage.

La fertilisation minérale des cultures est modulée afin de limiter les usages, en ajustant au mieux les doses aux besoins des cultures.

L'agroforesterie se développe, c'est une voie choisie comme une réponse aux enjeux de résilience au changement climatique et à la protection de la biodiversité.

Entre complémentarités et concurrences d'usage

Les cheptels baissent selon la tendance actuelle, les systèmes d'élevage s'orientent vers des filières qualité répondant au marché français, avec des attentes importantes sur le bien-être animal et les performances environnementales. Les cheptels de ruminants en zones de moyenne montagne et les systèmes plus extensifs avec prairies se maintiennent.

Les systèmes d'élevage favorisant les ressources locales sont privilégiés. Les surfaces en prairies se développent en ce sens, constituant par ailleurs un levier pour l'allongement des rotations et le stockage de carbone. L'enjeu est ici de sécuriser des approvisionnements en fourrages, la concurrence d'usage avec la méthanisation pouvant se faire plus fortement sentir dans ce scénario. Le nombre d'élevages monogastriques hors sol diminue.

Maintien des grands bassins et tendance à la diversification

Les grands bassins de production actuels se maintiennent avec une diversification à l'échelle des rotations et des paysages (agroforesterie).

La **méthanisation basée sur des ressources végétales se développe dans des zones intermédiaires à plus faible potentiel agronomique** comme source de revenu et levier agronomique.

Impacts sur les gisements de biomasse : augmentation de la biomasse produite et mobilisable

Dans ce scénario, **les cultures intermédiaires ont une place importante** dans les systèmes de culture, avec un double usage agronomique et énergétique. Ainsi, le gisement disponible

et mobilisable augmente. La production de biomasse est privilégiée, les couverts sont ainsi conduits comme des cultures à part entière, avec des objectifs de rendement et un travail variétal sur la précocité.

Le gisement en effluents d'élevage diminue du fait de la diminution des cheptels, mais est davantage capté, au vu du prix attractif du biogaz.

Le gisement en résidus de culture évolue peu, mais les coproduits actuellement destinés à l'alimentation du bétail (drèches de betteraves, issues de silos) sont en partie captés par les filières de méthanisation.

Les cultures principales dédiées à un usage non alimentaire ne se développent pas massivement, l'usage alimentaire restant prioritaire. Cependant, certaines cultures peuvent être promues lorsqu'elles présentent un intérêt environnemental et agronomique (chanvre, cultures dites pérennes, prairies temporaires).

Le gisement en biomasse bois est en développement (agroforesterie) et est valorisé sur des débouchés bois énergie.

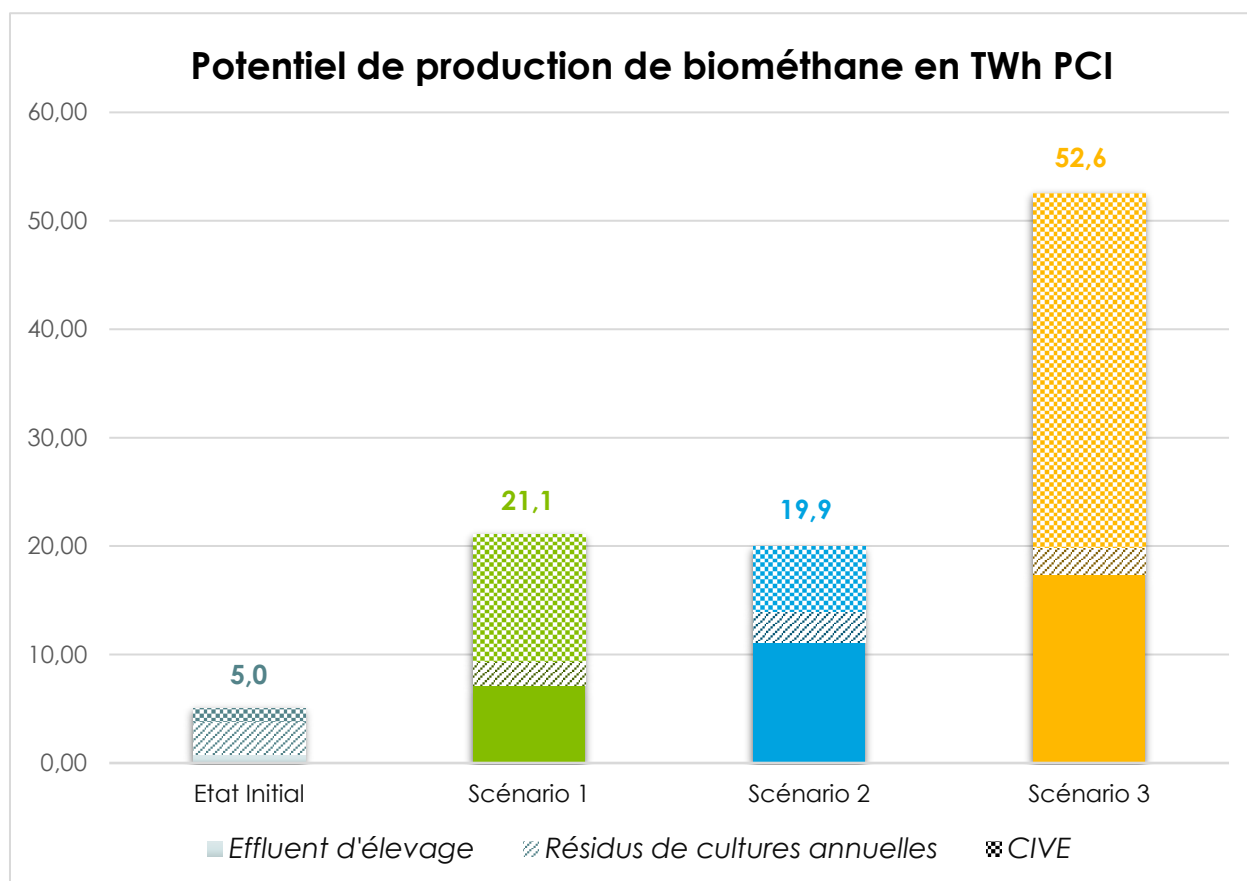
Selon ce scénario **la production de biomasse à destination alimentaire** évolue faiblement (rendements relativement stables) tandis que **les gisements mobilisables pour les débouchés non alimentaires augmentent** (bioéconomie), via la mobilisation des effluents d'élevage et des cultures intermédiaires.

Des concurrences d'usages apparaissent pour la valorisation de cette biomasse à destination de la bioéconomie, entre énergie, biomatériaux, chimie, et aliment d'élevage. Ils ne sont pas traités dans cette étude.

7. Premiers éléments de résultats quantitatifs

Le graphique ci-dessous présente les évolutions du potentiel de production de biométhane dans les différents scénarios, par méthanisation de la biomasse agricole disponible pour cet usage. L'état initial est une première estimation, basée sur des données de

bibliographie et, faute de données existantes, des hypothèses sur les surfaces et rendements en CIVE, ainsi que sur les taux de mobilisation des effluents et des résidus de culture pour la méthanisation.



Comme attendu, le scénario 3 est le scénario permettant la production d'énergie la plus importante, avec une production de 52,6 TWh, principalement associée à la valorisation des couverts d'interculture pour un usage énergétique (15 Mt MB pour 32,7 TWh produits). Le gisement en effluents d'élevage est aussi à son potentiel maximal dans ce scénario (65 Mt MB pour 17,4 TWh), avec certes une baisse des cheptels (selon le tendancier observé ces dix dernières années) mais un plus fort taux de mobilisation (60%) que dans les autres scénarios. Le

scénario 3 illustre donc le potentiel maximal évalué, dans des conditions économiques favorables à la production de biogaz.

A noter, le gisement en résidus de cultures annuelles n'évolue que très peu entre les trois scénarios : les hypothèses de variation de rendement et d'assolement restent peu impactantes, et les taux de mobilisation de ces ressources pour la méthanisation ont été considérés stables entre l'état initial et les scénarios.

Le scénario 1 est un scénario intermédiaire, légèrement plus productif en énergie que le scénario 2, du fait de plus forts taux de couverture des sols et d'un taux de valorisation des couverts pour la bioénergie légèrement plus élevé (5,4 Mt MB de CIVE pour une production de 11,8 TWh).

Enfin, l'énergie produite par méthanisation dans le scénario 2 est principalement associée à un effort de

mobilisation des effluents d'élevages (20%), pour des cheptels ne diminuant pas autant que dans le scénario 1 et 3 (41 Mt MB pour 11,1 TWh produits). Les surfaces en couverts augmentent par rapport à l'état initial, mais sur des niveaux de valorisation inférieurs aux autres scénarios (concurrence et prédominance de la culture principale, usage agronomique privilégié avec des couverts principalement laissés au champ).

8. Conclusion et perspectives

Les scénarios proposés ici constituent une première approche dont la pertinence et la complétude seront creusées avec la présentation détaillée des résultats quantitatifs. Le rapport complet détaillera ainsi les hypothèses et résultats chiffrés pour chaque paramètre et catégorie de biomasse, tant dans l'état initial que dans les trois scénarios.

Ces travaux restent une première proposition d'acteurs du monde agricole destinée à ouvrir la discussion avec l'ensemble des acteurs de la filière. Les échanges qui suivront pourront permettre d'affiner certaines trajectoires, en prenant toujours en compte la faisabilité technique et économique des évolutions projetées. Par la suite nous verrons comment introduire de nouvelles hypothèses pour enrichir les scénarios, et préciser en particulier les interactions entre bassins de productions selon leurs évolutions respectives.

Des études régionales -dans l'immédiat avec l'étude à venir dans le Grand Est- pourront permettre de préciser certains déterminants techniques et économiques de mobilisation de la biomasse agricole, et intégrer plus précisément les compétitions d'usage. L'objectif sera d'identifier ainsi des trajectoires d'évolution propres à certains territoires voire de préciser certaines hypothèses à l'échelle nationale.



European Institute
for Energy Research
by EDF and KIT



KIENER Mathilde

mkiener@agrosolutions.com

LANCKRIET Edouard

elanckriet@agrosolutions.com

PALVADEAU Juliette

jpalvadeau@agrosolutions.com

RABOT-QUERCI Marie-Laure

marie-laure.rabot-querci@eifer.org