



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

DECARBONER 100% DE L'ENERGIE UTILISEE EN AGRICULTURE A L'HORIZON 2050 : c'est possible !

Rapport n° 21065

Établi par

Hervé LEJEUNE

Inspecteur général de l'agriculture

Michel VALLANCE

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

Avril 2022

CGAAER

CONSEIL GÉNÉRAL

DE L'ALIMENTATION

DE L'AGRICULTURE

ET DES ESPACES RURAUX

SOMMAIRE

RESUME	5
LISTE DES RECOMMANDATIONS.....	7
INTRODUCTION.....	8
1. DEROULEMENT DE LA MISSION	11
1.1. Rappel de la commande	11
1.2. Méthodologie adoptée par la mission	12
2. ELEMENTS D'ANALYSE POUR LA CONSTRUCTION DE SCENARIOS DE DECARBONATION DE L'AGRICULTURE A L'HORIZON 2050	15
2.1. Un arrière-plan agricole avec de nombreuses incertitudes	15
2.1.1. La diminution continue du nombre d'exploitations agricoles et leur agrandissement correspond à une valeur de la production agricole en baisse (en euros constants).....	15
2.1.2. La SAU française baisse régulièrement.....	16
2.1.3. Un revenu agricole très lié à l'évolution de la PAC (verdissement, baisses de productivité, évolution des exportations...)	17
2.1.4. Les évolutions de la réglementation énergétique européenne	17
2.1.5. Le rôle croissant des régions sur les politiques agricoles	18
2.2. Les réductions envisageables de la consommation d'énergie sur les exploitations agricoles pourraient être de l'ordre de 10 à 15 %	18
2.2.1. L'hypothèse EDF de réduction des consommations d'énergie en agriculture (2021)	20
2.2.2. L'étude de l'ADEME sur l'efficacité énergétique de l'agriculture (2019).....	21
2.2.3. Des avis professionnels sur les économies d'énergies envisageables.....	22
2.3. Les éléments techniques devant être pris en compte en vue d'une substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables en agriculture	24
2.3.1. Le changement de motorisation des tracteurs, engins et machines agricoles est au cœur d'une stratégie de décarbonation de l'agriculture	24
2.3.2. L'électricité pour les bâtiments d'élevage, notamment hors sol.....	25
2.3.3. Chaleur fatale ou biomasse pour les serres chauffées	25
2.4. Les éléments de nature économique à prendre en compte au niveau des entreprises agricoles pour une transition acceptable vers l'usage d'énergies non fossiles en agriculture	26

2.4.1. Selon les secteurs de production, le coût de l'énergie varie en moyenne du simple au triple	26
2.4.2. L'évolution du prix des énergies décarbonées par rapport aux énergies fossiles et l'accessibilité à ces énergies sur tout le territoire sont déterminantes	29
2.4.3. La production d'énergie renouvelable sur les exploitations et son autoconsommation peuvent contribuer de manière déterminante à la transition et au revenu des agriculteurs	29
2.4.4. La question de la sortie de détaxation du gazole agricole est posée dans un contexte défavorable de hausse du prix du pétrole	30
3. LES SCENARIOS DE DECARBONATION A L'HORIZON 2050	31
3.1. Les principes retenus pour construire les scénarios	31
Tableau : synoptique des 3 scénarios de "Prospective Décarbonation 2050"	32
3.2. Les hypothèses communes aux trois scénarios (facteurs exogènes)	33
3.3. Le scénario 1 : Les « Energiculteurs »	34
3.4. Le scénario 2 : Le volontarisme dilué	39
3.5. Le scénario 3 : La décroissance sans la transition énergétique	42
3.6. Comparaison des résultats des 3 scénarios	43
4. RECOMMANDATIONS TIREES DE LA PROSPECTIVE	45
CONCLUSION	47
ANNEXES.....	50
Annexe 1 : Lettre de mission.....	51
51	
52	
Annexe 2 : Note de cadrage.....	53
Annexe 3 : Liste des personnes rencontrées	61
Annexe 4 : Liste des sigles utilisés	63
Annexe 5 : Presse à Colza - Biodiesel "à la ferme"	65
Annexe 6 : Résultats d'un sondage auprès des agriculteurs.....	67
Annexe 7 : Station Karrgreen BioGNV et recharge électrique rapide	68
Annexe 8 : Plateforme de financement Participatif MIIMOSA	69
Apport de capitaux pour des projets agricoles de transition écologique en manque de fonds propre	69
Annexe 9 : Tracteurs électriques (et) autonomes - Robots agricoles	70
72	
Annexe 10 : Rétrofit : un tracteur agricole à hydrogène.....	73
73	
Annexe 11 : 1er Tracteur au GNV comprimé.....	75

RESUME

Le total des émissions directes de GES du secteur agricole représentait, en 2017, 18,5 % des émissions totales de la France. L'essentiel des émissions directes (87 %) est constitué d'émissions de méthane (44,8%), principalement liées à l'élevage, et de protoxyde d'azote (42,6 %), principalement liées à la fertilisation azotée alors que les énergies fossiles utilisées par l'agriculture, pétrole et gaz essentiellement, correspondent à 11 % des émissions de GES du secteur agricole.

La stratégie nationale bas carbone (SNBC) adoptée par décret du 21 avril 2020, en soulignant les spécificités du secteur de l'agriculture vise une réduction de 18 % des émissions du secteur en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % à l'horizon 2050, hors sols agricoles dont les émissions et absorptions sont comptabilisées dans le secteur des terres (UTCATF). Concrètement, cela signifie que le secteur agricole doit réduire de 40,5MtCO₂eq ses émissions directes de GES au cours des 30 prochaines années.

La décarbonation complète, sur 30 ans, des consommations directes d'énergie du secteur agricole correspond à l'effacement des 11 MtCO₂eq de CO₂ émis par le secteur en 2017 ; soit plus de 25 % de l'effort demandé au secteur en matière de réduction de ses émissions de GES à l'horizon 2050. Il est donc essentiel d'agir, d'une part, sur l'efficacité énergétique des usages et, d'autre part, sur la substitution des énergies fossiles par des énergies décarbonées.

Dans un contexte énergétique et agricole où les incertitudes sont fortes, la mission considère réalisable à l'horizon 2050 une économie d'énergie de l'ordre de 15 % par rapport à la consommation actuelle et le remplacement de 100 % des usages actuels des énergies fossiles par des énergies renouvelables.

Pour envisager les difficultés, les freins à lever et les réponses à apporter afin de réussir une telle transition dans un espace de temps de plus en plus contraint, trois scénarios prospectifs sont présentés. Le remplacement des engins agricoles à moteur diesel par des moteurs décarbonés ou des robots électriques constitue le cœur des scénarios. Seul le premier, « Les énergiculteurs » répond à cet objectif. Il repose sur un fort développement de la disponibilité en énergies renouvelables sur les exploitations agricoles et une autoconsommation la plus large possible de cette énergie produite par les agriculteurs pour les engins agricoles, les bâtiments d'élevage et les serres.

Les deux autres scénarios, « Le volontarisme dilué » et « La décroissance sans transition énergétique » sont des versions dégradées du scénario de base qui est très volontariste mais seul à permettre la substitution des énergies fossiles actuellement utilisées par des énergies renouvelables à l'horizon 2050.

Le scénario « Les énergiculteurs », qui correspond à une très importante production énergétique des agriculteurs répartie sur 80% des exploitations (panneaux solaires, cultures de biomasse ou de biocarburants, méthaniseurs, éoliennes...), permet aussi une amélioration significative du revenu des agriculteurs. Ce revenu complémentaire,

s'ajoutant aux économies réalisées sur le poste énergie, pourrait représenter d'au moins 5000€/an à plus de 20 000 €/an et par exploitation en 2050 ; soit, en contrepartie d'un faible surcroît de travail, un revenu net en hausse moyenne de 30% par rapport à 2021(en € constant). Un tel scénario pousserait fortement à la disparition des agriculteurs non producteurs d'énergie en 2050. La facture d'énergie de ceux-ci dépasserait alors 30% de leurs charges directes contre moins de 8% en 2020.

Mots clés : Agriculture, énergie, GES

LISTE DES RECOMMANDATIONS

- R1.** Acter la sortie de la détaxation du gazole agricole dès 2023 ou 2024 sur une période de 10 ans et, par une décision interministérielle, en accord avec la profession agricole, affecter les économies budgétaires résultant de la suppression progressive de cette subvention à l'agriculture à un plan pluriannuel de subventions aux investissements de transition énergétique.
- R2.** Etablir avec les fabricants et distributeurs de tracteurs une feuille de route pour développer "massivement" l'offre disponible de tracteurs GNV et le « retrofit » biodiesel (B100) en lien avec la sortie de la détaxation du gazole agricole.
- R3.** Prendre au plus tôt le texte réglementaire nécessaire prévoyant l'obligation pour les constructeurs de faire une homologation Euro6 simultanée (gazole et biodiesel) des nouveaux modèles de tracteurs et engins agricoles compatibles B100.
- R4.** A partir de 2023, mettre en place avec GRDF, Engie et les énergéticiens intéressés un plan de déploiement de stations de compression sur le réseau Gaz pour avoir 2000 stations GNV en rural d'ici 2028, en plus des 500 à déployer par l'AAMF à cette même échéance en lien avec des installations de Biogaz (coût total : 80 à 100 Meuros).
- R5.** Corriger certaines dispositions réglementaires actuelles qui empêchent la distribution du BioGNV par les méthaniseurs, d'une part, en prévoyant cette possibilité pour des volumes limités (<1 GWh/an) par des avenants aux contrats d'injection en cours et, d'autre part, en n'appliquant pas la TICGN sur ces volumes "100% ENR" en vente directe.
- R6.** Participer activement à la définition, au sein de la future PAC, d'un Ecorégime "Neutralité carbone" de façon à ce qu'il bénéficie pleinement à la transition énergétique de l'agriculture française.
- R7.** Assouplir les règles pour le développement rapide sur les exploitations agricoles des installations de panneaux photovoltaïques de puissance modérée, y compris au sol, pour faciliter la production et l'autoconsommation de l'énergie solaire en contribuant à l'amélioration du revenu des agriculteurs et en facilitant l'autofinancement de ces projets.

INTRODUCTION

Le total des émissions directes de GES du secteur agricole représentait 86 MtCO₂eq en 2017, soit 18,5 % des émissions totales de la France (en baisse de 7,6 % entre 1990 et 2017)¹. L'essentiel des émissions directes (87 %) est constitué d'émissions de méthane (44,8%), principalement liées à l'élevage, et de protoxyde d'azote (42,6 %), principalement liées à la fertilisation azotée.

Les énergies fossiles utilisées par l'agriculture, pétrole et gaz essentiellement, correspondent à 11 % des émissions de GES du secteur agricole. Il est demandé au CGAAER, dans une démarche prospective et avec tous les acteurs concernés, d'étudier les possibilités, à l'horizon 2050, de substituer totalement les énergies fossiles actuellement utilisées par des énergies renouvelables.

La stratégie nationale bas carbone (SNBC) adoptée par Décret du 21 avril 2020 souligne les spécificités du secteur de l'agriculture :

« Le secteur est soumis à des enjeux multiples : nourrir les populations, fournir de l'énergie et des matériaux, assurer la pérennité des paysages et de la biodiversité, répondre aux exigences croissantes en matière de qualité sanitaire et environnementale de la production, faire face à une pression sur les terres, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques, et ce, dans des conditions économiques et sociales satisfaisantes »

Globalement, la stratégie vise une réduction de 18 % des émissions du secteur en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % à l'horizon 2050, hors sols agricoles dont les émissions et absorptions sont comptabilisées dans le secteur des terres (UTCATF). Concrètement, cela signifie que le secteur agricole doit réduire de 40,5MtCO₂eq ses émissions directes de GES au cours des 30 prochaines années.

La décarbonation complète, sur 30 ans, des consommations directes d'énergie du secteur agricole correspond à l'effacement des 11 MtCO₂eq de CO₂ émis par le secteur en 2017 ; soit plus de 25 % de l'effort demandé au secteur en matière de réduction des émissions de GES à l'horizon 2050. En raison de facteurs techniques plus facilement maîtrisables (rapidité des progrès techniques sur les matériels, contraintes réglementaires efficaces...), il est donc essentiel d'agir, d'une part, sur l'efficacité énergétique des usages et, d'autre part, sur la substitution des énergies fossiles par des énergies décarbonées.

Cela pose de nombreuses questions, dont les suivantes :

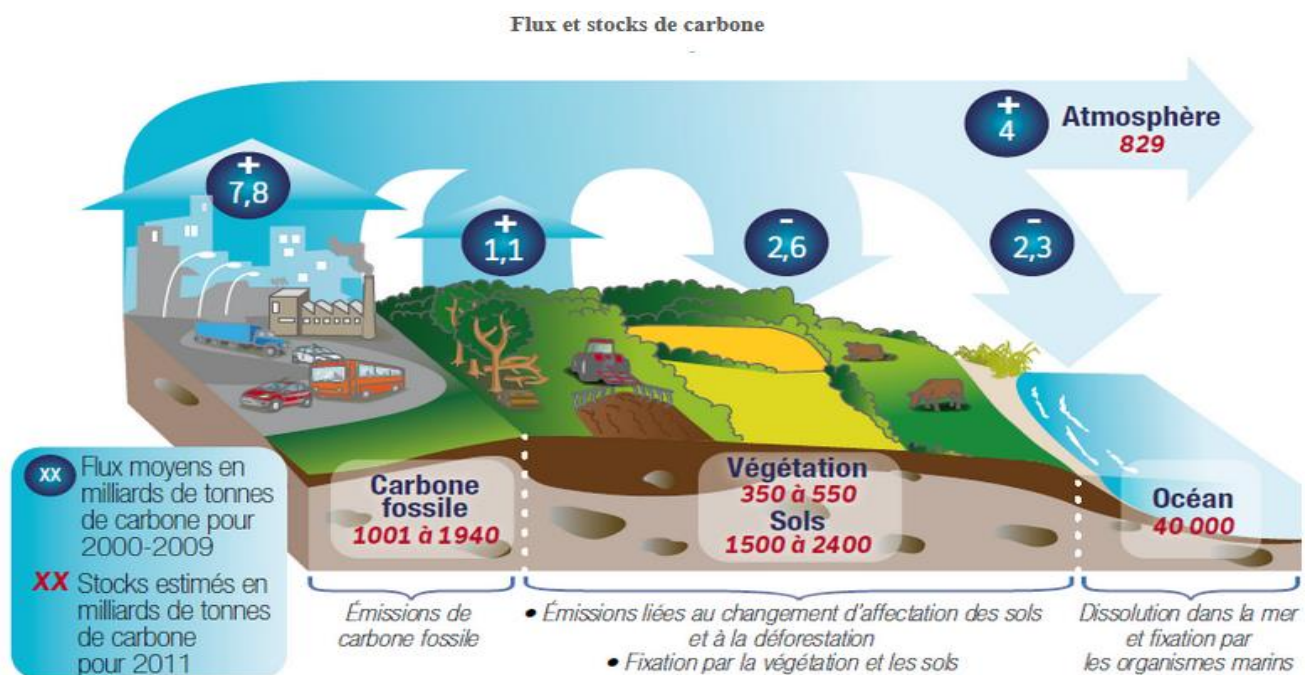
- Quelles énergies décarbonées utiliser : biocarburants, électricité, hydrogène, en fonction de leur disponibilité, de leurs coûts, des puissances requises... ?
- Quel serait le surcoût total de la décarbonation pour le secteur ?
- Quel sera son impact sur la viabilité et les orientations technico-économiques des exploitations et quels sont les moyens de le compenser équitablement ?
- Quel chemin proposer, linéaire ou non, dans ce sens au cours des 30 prochaines années ?
- Comment va (ou peut) évoluer la mécanisation de l'agriculture au cours des 30 prochaines années ?

¹ Chiffres figurant dans le projet de stratégie nationale bas-carbone pour consultation du public (janvier 2020).

- Quel est le risque de dépendance vis-à-vis de matériels étrangers si les travaux adéquats ne sont pas mis en œuvre rapidement (temps de développement, normalisation des équipements...) ?

Pour tenter de répondre à ces interrogations, un travail de scénarisation a été mené par les rapporteurs, dessinant trois trajectoires (optimale, minimale et médiane) différentes selon les choix de politiques publiques effectués dans ce secteur stratégique, tout en tenant compte des incertitudes sur l'évolution future de nombreux facteurs exogènes déterminants.

Ci-dessous quelques illustrations utiles de la problématique posée.



Sour

Figure 1 Les mécanismes fondamentaux liés à l'accumulation des GES dans l'atmosphère (Source GIEC)

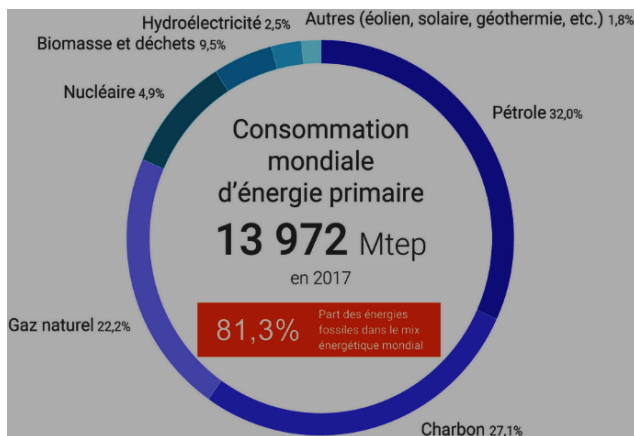


Figure 2 Mix énergétique mondial
(Source : Agence internationale de l'énergie, 2019)

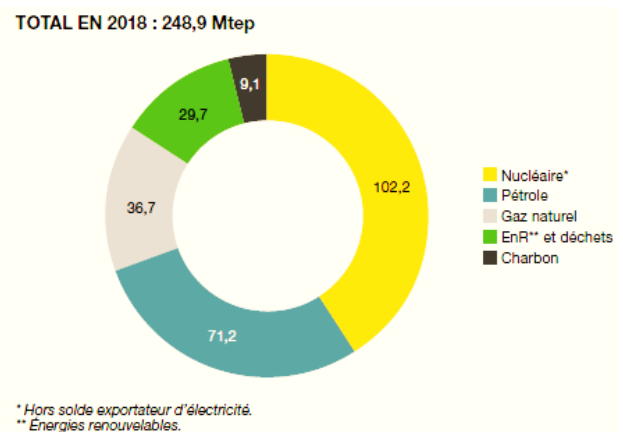


Figure 3 Mix énergétique de la France
(Source : Service des statistiques du ministère de la transition écologique, 2019)

1. DEROULEMENT DE LA MISSION

1.1. Rappel de la commande

Le Ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation a confié au Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER), par un courrier du 25 mai 2021 (voir annexe1), une mission de « Prospective relative à la décarbonation en matière d'usage d'énergies fossiles en agriculture à l'horizon 2050 ».

La SNBC 2020, actuellement en cours de révision pour s'ajuster aux nouveaux objectifs européens pour 2030 ("Fit for 55"), est la feuille de route de la France pour mener à bien sa transition vers une économie bas-carbone. Elle définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Pour y parvenir, l'agriculture doit tout à la fois réduire par 2 ses consommations énergétiques à horizon 2050 et développer massivement l'usage des énergies renouvelables encore très faiblement autoconsommées aujourd'hui en agriculture alors que le secteur accroît sa production d'énergies renouvelables : les agriculteurs, gestionnaires d'un foncier très important (plus de 28 millions d'ha), produisaient, en 2015, 20% des énergies renouvelables consommées en France, soit un total de 4,6 Mtep ; un niveau supérieur à leurs consommations énergétiques totales (4,1 Mtep).

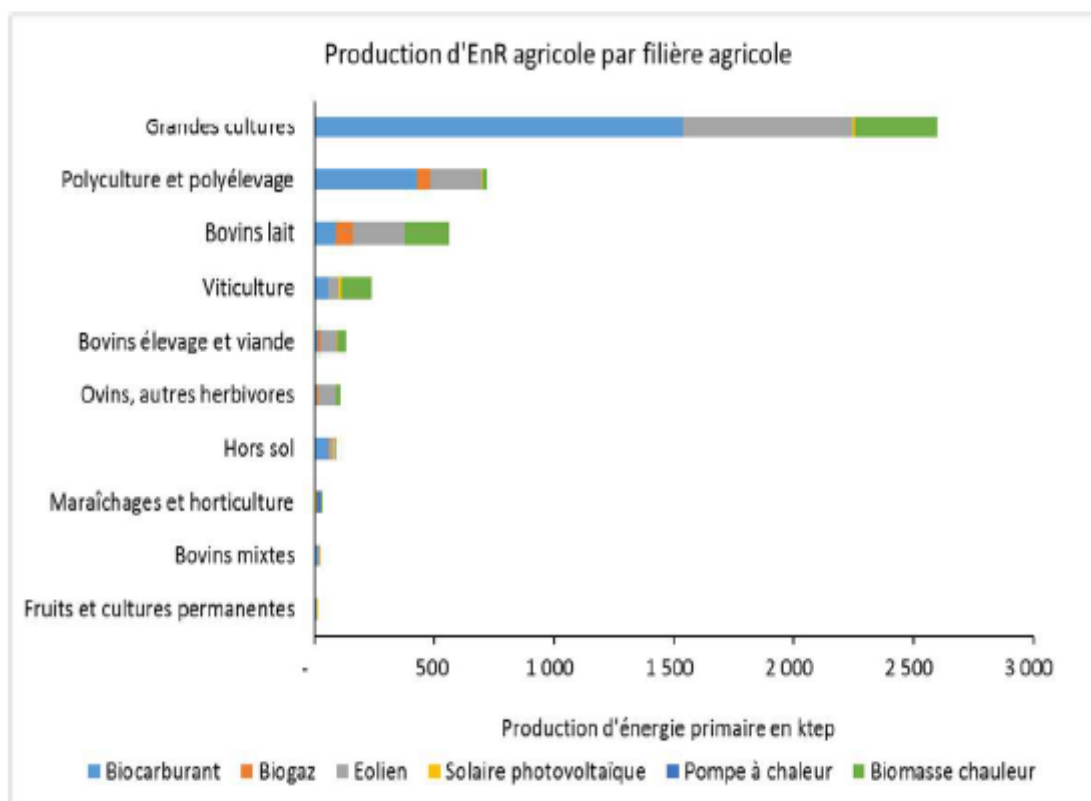


Figure 4 Répartition des productions d'ENR par l'agriculture française (données Ademe 2018)

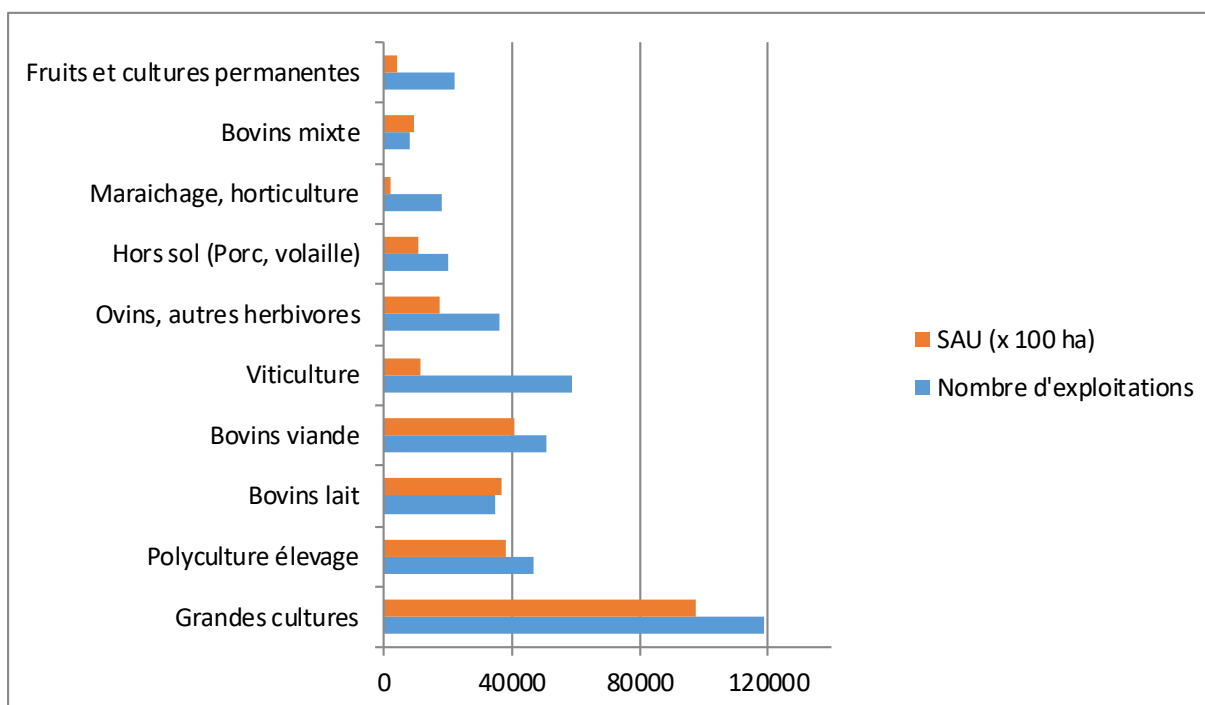


Figure 5 Répartition des filières agricoles en SAU et en effectifs d'exploitations (Source RGA 2021)

Axe important de la transition "bas-carbone", la substitution d'énergies renouvelables et électriques, en remplacement des énergies fossiles couramment employées, suppose de nombreuses adaptations (matériels employés en agriculture, pratiques culturales, orientations technico-économiques...).

La lettre de mission insistait notamment sur la nécessité d'une large concertation avec tous les acteurs concernés par cet exercice de prospective, Chambres d'agriculture, agriculteurs producteurs d'énergie, coopératives d'utilisation de matériel agricole (CUMA), fournisseurs de matériels agricoles, institut techniques, grands énergéticiens...

Le 16 mars 2022, le Ministre de l'Agriculture et de l'alimentation, lors d'un discours sur le plan de résilience agricole face aux conséquences de la guerre en Ukraine annonçait : "le développement d'un plan de souveraineté énergétique agricole et alimentaire, pour accélérer le développement des énergies renouvelables et la décarbonation de l'amont agricole et des IAA."

L'objectif de gain en autonomie énergétique des agriculteurs s'est donc invité comme enjeu vital aux côtés des enjeux climatiques, technologiques et de compétitivité économique cernés initialement par la lettre de mission.

1.2. Méthodologie adoptée par la mission

La mission a rassemblé autour d'elle un "groupe expert" constitué des spécialistes de l'agriculture ou de l'énergie appartenant aux organismes et institutions suivantes :

- APCA
- ITAVI
- IDELE
- CTIFL (serres chauffées)
- FNCUMA
- AXEMA (fournisseurs français d'agro-équipements)
- ADEME
- EDF/Enedis
- Engie/GRDF
- Agriculteurs Méthaniseurs (AAMF)
- Agrivoltaïsme (Sun R/Sun Agri)
- EsteriFrance et groupe Avril (Biodiesel)
- Association Française du Gaz
- Pôle de compétitivité des bioénergies, Industrie et agro-ressources (IAR)
- Chambre Régionale d'agriculture Grand Est (Terrasolis²)
- Ministère de la Transition Energétique (DGECC)

Ce « groupe expert » a été réuni 5 fois entre Novembre 2021 et Avril 2022. Les ordres du jour ont été examinés successivement :

- Les économies d'énergies potentiellement réalisables (important travail réalisé par EDF dans le cadre des CEE en complément des études existantes de l'Ademe),
- Les potentiels de substitution énergétique notamment dans les tracteurs et engins et dans les serres et les problèmes technico-économiques liés,
- Les potentiels de production énergétique par les agriculteurs notamment biométhane et panneaux photovoltaïques, agrivoltaïsme et les limites à l'auto consommation,
- Une ébauche des 3 scénarios construits par la mission et des dispositifs de soutien et d'accompagnement envisageables.
- Une présentation détaillée des trois scénarios et des résultats auxquels ils conduisent.

Un entretien a eu lieu à l'APCA avec le Vice-Président en charge de l'énergie, M. Olivier Dauger. La mission s'est également rendue à Bologne (Italie) au salon international du machinisme agricole (2021) pour évaluer la place des équipements utilisant des énergies alternatives dans l'offre commerciale actuelle et future (notamment tracteurs gaz, hybrides et électriques, robots électriques) et les différentiels de prix par rapport au conventionnel. Nous nous sommes également rendus à une importante conférence à Tours, organisée par la Fédération Nationale du Commerce Agricole et Agroalimentaire, sur les stratégies bas carbone en agriculture.

²Terrasolis Farm, une ferme pilote de 220 ha dédiée à l'augmentation de la productivité en carbone (+25%) et à l'autonomie énergétique fossile (-75%, visant l'amélioration du bilan carbone global). Travaux agronomiques, systèmes de cultures innovants, machinisme et nouvelles technologies.

Les bases documentaires utilisées proviennent principalement de l'Ademe (Rapports 2018 sur « la production d'énergies renouvelables par l'agriculture »³ et 2019 sur « agriculture et efficacité énergétique »⁴, « Quatre scénarios de transition énergétique » publiés fin 2021⁵) et d'EDF (« Livre blanc sur la transition énergétique du secteur agricole » publié en 2021⁶). Des sources chiffrées plus récentes ou plus précises sollicitées tant auprès de la DGEC (travaux préparatoires pour la révision de la SNBC) que des énergéticiens nationaux EDF, Enedis, Engie et GRDF, de l'Association Française du Gaz et du Syndicat des producteurs du Biodiesel. Des études de cas de l'IDELE, du CTIFL et de la Chambre d'agriculture Grand-Est ont été utilisées pour base de modélisation. Citons également la source documentaire très riche constituée par le rapport 2020 de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPCST) intitulé "l'agriculture face au défi de la production d'énergie" ainsi qu'une enquête commandée par la Commission européenne sur l'impact des énergies renouvelables sur les agriculteurs européens (2012)⁷.

³Agriculture et énergies renouvelables - Rapport de mission, Ademe, février 2018

⁴Agriculture et efficacité énergétique - Ademe, février 2019

⁵Transition(s) 2050 Choisir maintenant, Agir pour le climat, Ademe, novembre 2021

⁶Quelle transition énergétique pour le secteur agricole? Comprendre pour agir, EDF, août 2021

⁷https://ec.europa.eu/agriculture/external-studies/renewable-energy-impacts_en

2. ELEMENTS D'ANALYSE POUR LA CONSTRUCTION DE SCENARIOS DE DECARBONATION DE L'AGRICULTURE A L'HORIZON 2050

Pour « effacer » les émissions de GES liées aux différents usages des énergies fossiles en agriculture (principalement les tracteurs, engins et machines agricoles loin devant les bâtiments d'élevage et les serres), qui représentent 11 % du total des émissions du secteur agricole, il convient de bien considérer l'arrière-plan général agricole et ses évolutions possibles, d'envisager de manière réaliste les réductions des consommations possibles d'énergie fossile, d'évaluer techniquement les priorités d'action avant, enfin, de replacer au niveau microéconomique, celui des exploitations agricoles, ce qu'il est raisonnable de prévoir en inscrivant dans le temps les évolutions souhaitées.

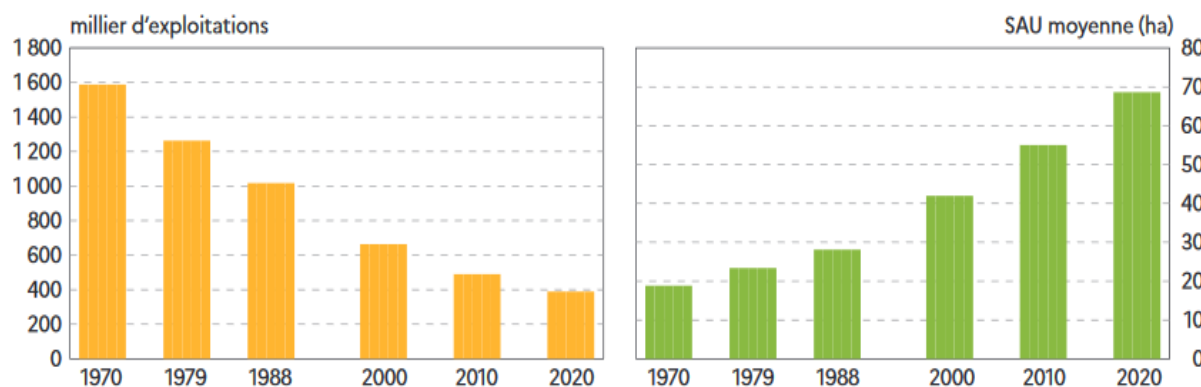
2.1. Un arrière-plan agricole avec de nombreuses incertitudes

L'arrière-plan agricole du débat sur la décarbonation de l'agriculture française conduit à mobiliser divers éléments de réflexion qui tiennent à l'évolution du nombre et de la taille des exploitations agricoles en liaison avec la question du revenu agricole, de la SAU française et des usages des terres agricoles, de la PAC et du rôle des régions et, plus globalement, des collectivités locales.

2.1.1. La diminution continue du nombre d'exploitations agricoles et leur agrandissement correspond à une valeur de la production agricole en baisse (en euros constants)

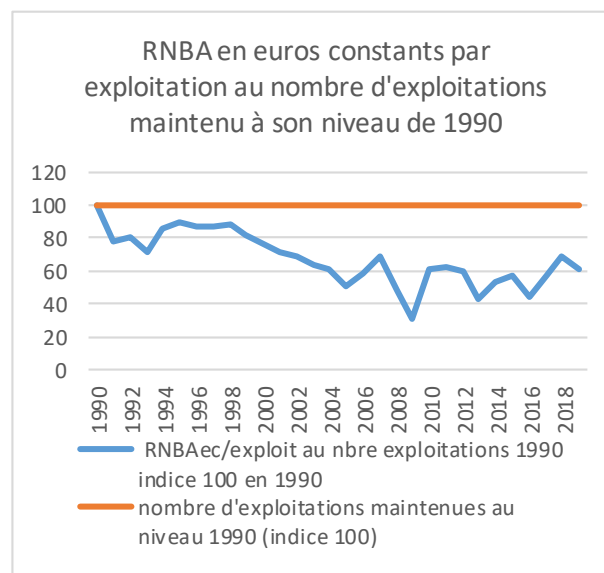
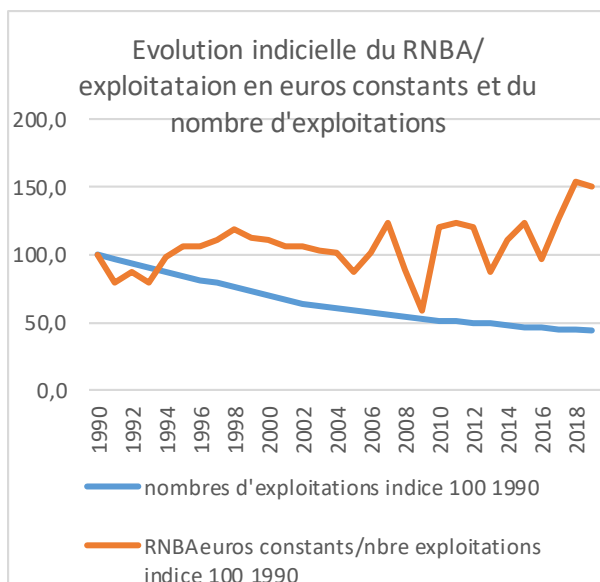
Le dernier recensement général de l'agriculture indique clairement une baisse continue du nombre d'exploitations agricoles et leur agrandissement régulier : en 2020, la France métropolitaine compte 389 000 exploitations agricoles, soit environ 100 000 de moins qu'en 2010, lors du dernier recensement. La taille des exploitations continue d'augmenter.

Évolution du nombre d'exploitations et de la SAU moyenne

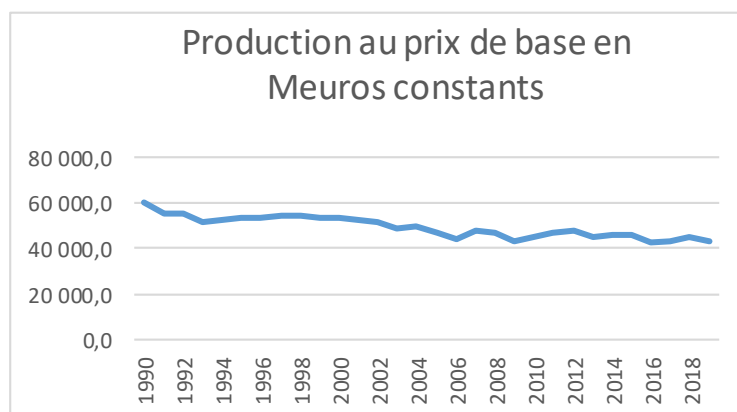


Champ : France métropolitaine, hors structures gérant des pacages collectifs.
Source : Agreste - Recensements agricoles (résultats provisoires pour 2020)

Notons que depuis 30 ans, c'est la baisse du nombre des exploitations qui permet le maintien en moyenne des revenus individuels agricoles en euros constants. Sans cela le revenu des agriculteurs aurait baissé en moyenne de 40 % ...



Cette situation correspond à la baisse de la valeur de la production agricole de l'ordre de 30 % en 30 ans, en euros constants, et à l'augmentation du coût des consommations intermédiaires.



2.1.2. La SAU française baisse régulièrement

Entre 2010 et 2020, la SAU française a perdu 233 000 hectares selon le dernier RGA ; soit une perte annuelle de l'ordre de 23 000 ha au cours des 10 dernières années par changement de destination de ces terres, notamment pour l'urbanisation.

Il faudrait ici aller plus loin dans l'analyse de la SAU et de ses évolutions prévisibles pour évaluer en particulier le phénomène des « terres délaissées » (mission en cours du CGAER) et la transformation possible de terres agricoles en support de panneaux solaires avec ou sans activité agricole sur ces surfaces.

2.1.3. Un revenu agricole très lié à l'évolution de la PAC (verdissement, baisses de productivité, évolution des exportations...)

Plusieurs études sur l'impact de la stratégie « Farm to fork » qui ont guidé la dernière réforme de la PAC ont été rendues publiques il y a quelques mois (JRC⁸, l'USDA⁹ et l'Université de Kiel). Toutes concluent à des conséquences défavorables sur la production agricole européenne et donc les revenus agricoles, avec des gains en émissions de GES qui seront compensés ailleurs dans le monde par des augmentations de GES...

Ces travaux évaluent jusqu'à 15% la baisse de production prévisible pour l'élevage bovin et dans une fourchette entre -5 et - 20 % pour l'ensemble des productions.

Au-delà, alors que la dernière réforme de la PAC entre en application, dans une perspective à 2050, les prochaines réformes, réglées désormais sur un cycle budgétaire de 5 ans, seront déterminantes sur l'évolution de l'agriculture française et les moyens pouvant être mis en œuvre pour sa décarbonation, avec en toile de fond en France, la SNBC et, au niveau de l'UE, le « Green Deal », « Farm to Fork » et « Fit for 55 ».

Dans son exercice de prospective publié en 2020¹⁰, le CGAAER suggérait qu'en 2035, en France, la question agricole ne sera plus à l'agenda politique qu'à l'échelon régional, l'actuelle PAC étant « éclatée » en une politique sanitaire de l'alimentation, un dispositif de paiement pour services environnementaux et un cadre commercial imposé par les accords commerciaux bilatéraux et multilatéraux...

Aucun des récents exercices français ou européens de prospective sur l'agriculture n'a envisagé la guerre en Ukraine avec ses conséquences possibles sur le coût de l'énergie et sur la sécurité alimentaire mondiale. Toutefois, la prospective du CGAAER, proposait un scénario fondé sur l'hypothèse d'une crise alimentaire mondiale intitulé « Renouveau productiviste ».

2.1.4. Les évolutions de la réglementation énergétique européenne

Selon un projet de directive européenne en cours d'examen (01/11/2021), il s'agira, en 2030, de porter à - 55 % la baisse des émissions de CO₂ des véhicules légers neufs (au lieu de - 37,5% jusqu'ici) et à -50 % pour les véhicules utilitaires légers neufs (au lieu de -31 %).

En 2035 est prévue la fin des moteurs fonctionnant « majoritairement aux énergies fossiles ». Cependant, cette directive ne programme pas la disparition des biocarburants en 2035.

Les voix de nombreux fournisseurs de biocarburants et biogaz s'élèvent pour obtenir la prise en compte des émissions dans tout le cycle de vie et non seulement « au pot d'échappement ». L'objectif est d'élargir la définition de véhicules à faibles émissions à ceux fonctionnant au biogaz ou aux biocarburants et pas seulement à l'électrique ou à l'hydrogène. Ces objectifs concourent à rendre urgent le déploiement des infrastructures de recharge

⁸JRC : Centre de recherche de l'UE

⁹ Ministère de l'agriculture des Etats Unis

¹⁰« AGR2050 : une prospective des agricultures et de la forêt française » CGAAER, janvier 2020 (publié sous le titre « Et si l'agriculture était la solution » aux Editions La France Agricole, février 2021.

(notamment GNV et électrique – charge rapide), y compris en milieu rural, élément très important identifié dans ce rapport.

2.1.5. Le rôle croissant des régions sur les politiques agricoles

Il est indéniable que dans la mise en œuvre des politiques agricoles, y compris la PAC, les régions prennent une place de plus en plus importante.

La question de la décarbonation de l'agriculture n'échappera pas à cette évolution, d'autant qu'elle combine des enjeux multiples à l'échelle des territoires : enjeux agricoles, énergétiques, forestiers, d'espaces...

Les actions qui seront conduites en faveur de la décarbonation de l'agriculture devront donc être conduites en concertation étroite avec les régions et, au-delà, avec toutes les collectivités locales qui voudront se mobiliser sur cette question.

Au-delà des tendances à la concentration des exploitations agricoles (baisse de leur nombre, augmentation de leur surface, baisse de la SAU) que confirme le dernier RGA, les incertitudes sont grandes sur l'évolution des entreprises agricoles et de leur revenu au cours des 30 prochaines années. Les enjeux sont aussi nombreux aux différentes échelles géographiques (monde, Europe, France) ou thématiques (environnement, souveraineté alimentaire, biodiversité, localisme, sécurité sanitaire des aliments...). C'est sur ce fond de grande incertitude sectorielle que devra s'inscrire toute transition énergétique en agriculture en vue de substituer les usages des énergies fossiles par des énergies décarbonées à l'horizon 2050.

2.2. Les réductions envisageables de la consommation d'énergie sur les exploitations agricoles pourraient être de l'ordre de 10 à 15 %

Au total, la « ferme France » consomme directement environ 4,1 Mtep d'énergie (chiffre 2017), soit 3 % de la consommation d'énergie finale de la France. Le mix énergétique du secteur est dominé par les produits pétroliers qui représentent 72 % de la consommation agricole, suivis par l'électricité (18 %). Le gaz représente 6 % des consommations tandis que la part des énergies renouvelables thermiques et des déchets représente 4 % de ce mix énergétique.

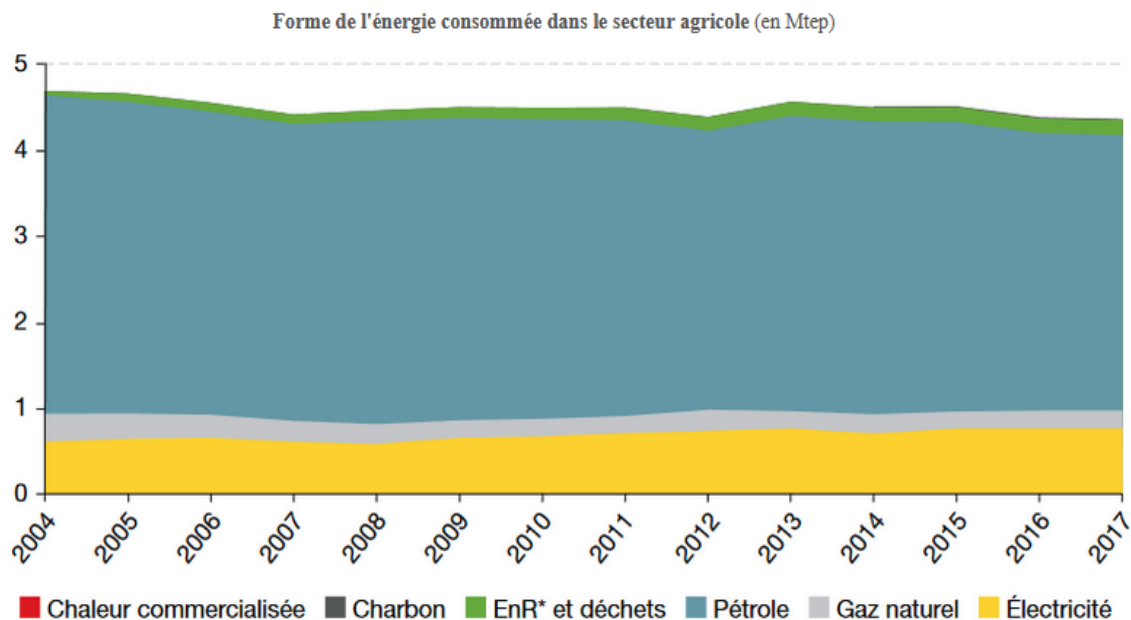


Figure 6 Sources d'énergie utilisées en agriculture (service de la donnée et des études statistiques du MTE)

L'alimentation des tracteurs et des engins automoteurs est l'utilisation la plus consommatrice d'énergie, avec 2 090 ktep en 2011, soit 53 % de la consommation totale de l'agriculture. Viennent ensuite les bâtiments d'élevage et les serres et abris hauts, avec respectivement 430 ktep (11 %) et 400 ktep (10 %).

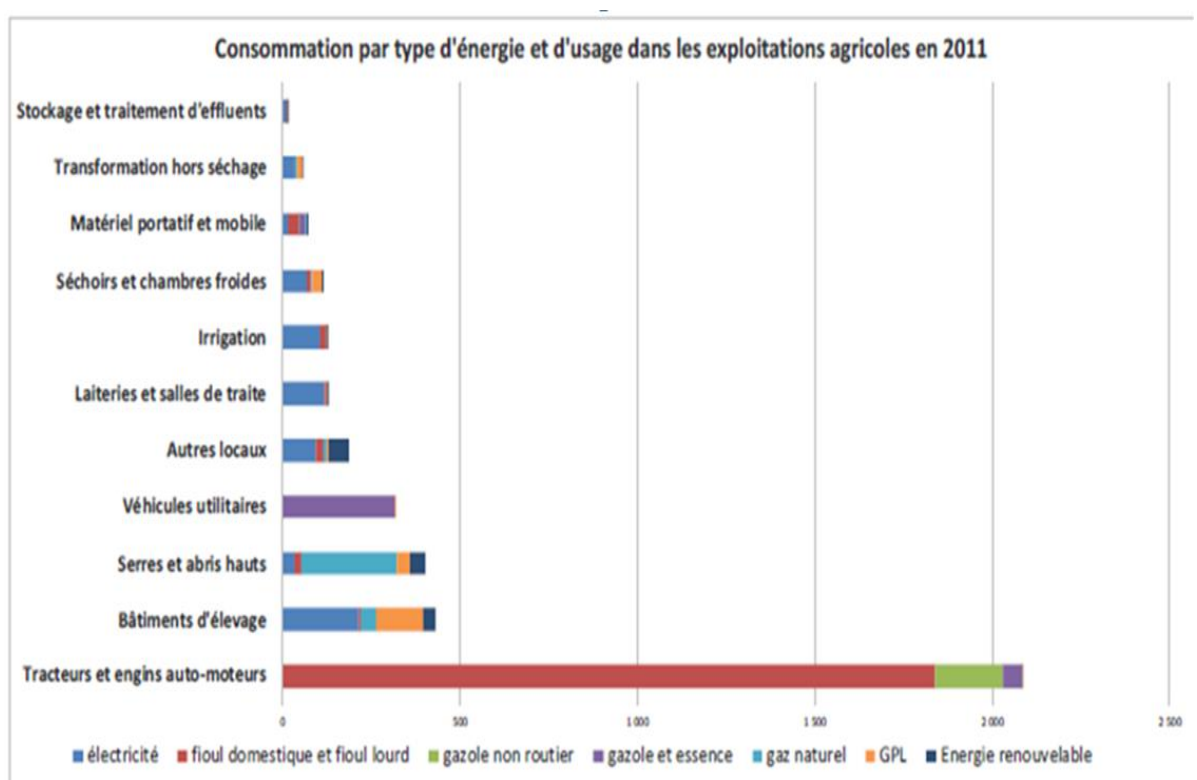


Figure 7 Répartition par usage des consommations directes d'énergie des exploitations agricoles (en milliers de Tep, Source Agreste)

Entre 2012 et 2017, l'évolution moyenne annuelle des consommations d'énergie finale a été de - 1,4 % par an avec, sur la même période, une baisse de 0,2 % de l'intensité énergétique du secteur, plus lente que dans les autres secteurs.

2.2.1. L'hypothèse EDF de réduction des consommations d'énergie en agriculture (2021)

EDF a étudié le potentiel d'économies d'énergie selon les secteurs de production en identifiant des solutions d'efficacité énergétique qui intègrent uniquement des technologies matures adaptées aux différents secteurs de production combinées à une hypothèse sur leur taux de pénétration (27 % des tracteurs passés à l'électricité, 58% des serres équipées d'une pompe à chaleur (PAC) et 100 % des bâtiments avicoles chauffés à l'électricité). On constate dans les résultats de ces travaux des potentiels importants d'économies d'énergie envisageables dans certains domaines à l'horizon 2050, entre 21 % et 100 % selon les secteurs de production et les solutions proposées¹¹.

8 solutions cohérentes & globales	Efficacité des solutions globales (hypothèses globalisées)	Potentiel de gain maximum E.E. calculé à partir de la consommation 2015
Mobilité agricole	Gain mobilité électrique : 63%	50%
Tous moteurs électriques	Gain des moteurs avec leur VEV : 15% Gain supplémentaire pour le matériel d'irrigation avec moteur & VEV : 45%	21% ⁶²
Serres chauffées	Gain de 200 KWh/m2/an à 50 KWh/m2/an : 75%	75%
Elevage laitier	Gain Tank à lait 2020 : 80%	80%
Elevage Porcins	Gain nouvelle régulation/chauffage/ventilation : 65%	65%
Elevage avicole	Gain nouvelle régulation/chauffage/ventilation : 65%	65%
Groupe Froid	Gain par récupération : 100% (mais sur 50% du gisement Brut)	50%
Récoltes (Fourrages, bois, grains)	Gain par EnR pour les nouveaux sécheurs ⁶³ : 100%	100%

Tableau : Calcul du potentiel d'économies d'énergie maximum à partir des gisements propres à chacune des 8 solutions techniques retenues (source EDF, 2021)

Le cadrage général du scénario EDF repose sur la réalisation de tout le potentiel d'efficacité énergétique et sur la substitution maximale des énergies fossiles par l'électrique, sauf pour les tracteurs et véhicules utilitaires, ce qui conduirait à des émissions de CO2 réduites de 5,29 Mtonnes/an en 2050 ; soit une réduction de l'ordre de 50% des émissions de référence. Il aboutit à une réduction de 25% de la consommation d'énergie du secteur agricole (35% si on déduit l'autoproduction des nouveaux séchoirs).

¹¹ Pour les tracteurs et engins agricoles (ligne mobilité électrique) le taux d'économies d'énergie de 63% provient du rendement très supérieur du moteur électrique par rapport au moteur thermique : (57% d'énergie transmise à la roue contre 21%).

Pour autant, cette approche assez théorique et optimiste connaît quelques limites indiquées par ses auteurs. En particulier, elle ne tient pas compte des nouveaux usages tel que le développement de la robotisation et des serres chauffées même si elle intègre un accroissement significatif des besoins de séchage de bois, grain et fourrage (+ 5 TWh/an).

2.2.2. L'étude de l'ADEME sur l'efficacité énergétique de l'agriculture (2019)

Les 43 « solutions énergétiques » différenciées selon les secteurs de production du départ de l'étude sont rassemblées en 9 « solutions » :

- L'amélioration de la connaissance et de la pratique de la conduite d'engins ;
- La limitation des déplacements entre siège d'exploitation et parcelles ;
- La substitution des opérations de désherbage avec tracteur par du désherbage avec robot en cultures pérennes (vigne, vergers), mécanique principalement ;
- La modification des itinéraires techniques culturels de travail du sol, en réduisant les opérations de travail du sol (la solution la plus aboutie qui a été retenue étant le semis direct avec couverts végétaux ou en techniques culturales très simplifiées du type « strip-till ») ;
- Deux solutions de substitution d'énergie pour les machines (substitution électrique et substitution biogaz) toujours en R&D chez les constructeurs ;
- Deux solutions en élevage qui visent la possibilité de substitution de carburant tracteurs par des équipements électriques pour les opérations de paillage des aires des animaux et de la distribution à l'auge ;
- Une « panoplie » de solutions pour l'irrigation (grandes cultures, vergers, vignes, maraichage sous serre... ;
- Une « panoplie » de solutions pour les serres maraichères et horticoles (réduction des besoins d'énergie, stockage temporaire d'énergie, substitution d'énergie, récupération d'énergie fatale... ;
- Une « panoplie » d'actions possibles concernant les bâtiments d'élevage avec des différences selon les types d'élevage (lait, porcs, volailles...).

Selon ces travaux qui ne portent que sur les exploitations agricoles (donc hors séchage, stockage...), la plage d'économies d'énergie finale permise par les différentes solutions varie de 1 % à 90 % au regard des valeurs de référence.

Dans l'analyse prospective conduite par l'ADEME sur ces bases, 2 scénarios sont identifiés :

- Le scénario tendanciel avec diffusion des solutions au rythme envisagé au dire des experts : au total, dans l'état actuel des connaissances et sans modification notable ni des productions, ni des modalités de diffusion, le gain potentiel d'économie d'énergie s'élèverait à 11 850 GWh en 2050 ; soit 26 %.

Les principaux gains d'énergie en volume portent sur les carburants, l'irrigation des grandes cultures et les serres. Les solutions énergétiques qui ont le plus fort potentiel d'économie d'énergie sont :

- . Le changement des itinéraires techniques des cultures pour les carburants ;
- . Le changement des pompes d'irrigation ;
- . La récupération d'énergie fatale pour le chauffage des serres ;
- . L'usage de pré-refroidisseur et de récupérateur de chaleur en production laitière ;
- . L'automatisation du paillage et de l'alimentation pour l'élevage des herbivores.

- Le scénario volontariste lié à la mise en œuvre de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) avec in fine l'objectif d'une consommation d'énergie divisée par 2 : La consommation d'énergie diminuerait de 43 % à l'horizon 2050 avec une diminution de 70 % pour les carburants, 40 % pour l'irrigation, 25 % pour la production laitière, 77 % pour les carburants en bâtiment d'élevage des herbivores, 20 % en élevage de porcs, et 15 % en élevage de volaille. Mais elle augmenterait de 14 % pour les serres chauffées en lien avec le développement de la production de légumes à cet horizon.

L'ADEME conclut : « Il est fort probable que l'évolution réelle sera un mix entre ces deux scénarios combinant une évolution des productions issues de la demande alimentaire et des conditions socio-économiques des productions agricoles, et la diffusion des meilleures solutions énergétiques disponibles – en particulier si l'énergie est plus rare et plus chère ».

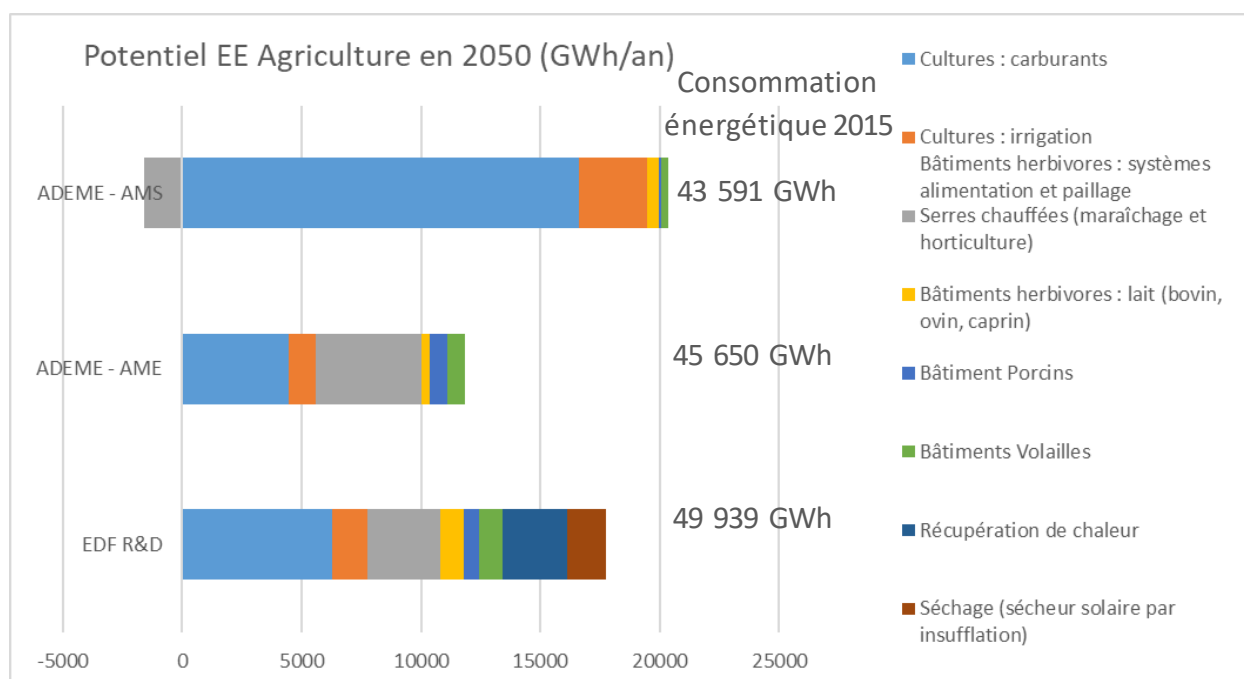


Figure 8 Comparaison des potentiels d'économies d'énergie selon scénarios Ademe et EDF (R&D)

2.2.3. Des avis professionnels sur les économies d'énergies envisageables

En réaction aux travaux présentés par EDF et par l'ADEME, les experts des instituts techniques agricoles ont présenté un certain nombre de commentaires utiles à la réflexion sur les économies d'énergies envisageables au cours des 30 prochaines années :

- La difficulté de diminuer les consommations énergétiques de manière conséquente, en particulier pour les consommations liées à la conduite des cultures ou aux surfaces fourragères. Une diminution globale des consommations de 15% constituerait déjà un progrès « énorme ».
- Certaines tendances prévisibles peuvent amener à une augmentation des consommations (passage d'un désherbage chimique à un désherbage mécanique, augmentation du besoin de récolte de fourrage en élevage face aux aléas climatiques,

agrandissement des fermes avec l'allongement de la distance des parcelles au siège d'exploitation, besoins supplémentaires en refroidissement des élevages de poules pondeuses ou porcs...).

Au-delà, les experts agricoles partagent le constat du potentiel considérable de diminution des GES par substitution de l'énergie fossile consommée :

- Passage à l'électrique dans certains cas : viticulture (notamment avec des robots) mais sans doute également maraîchage, robots de distribution d'aliments et raclage en élevage ruminants, voitures électriques pour les fermes et notamment celles en transformation fromagère qui font des livraisons et qui auraient du photovoltaïque en autoconsommation,
- Passage à des sources d'énergie renouvelables pour l'eau chaude : bois énergie et eau-chaude solaire, récupération de chaleur sur nouveau groupe froid (veaux de boucherie, atelier de transformation, vaches laitières, mais également porcs et volaille) et, dans une moindre mesure, valorisation de la méthanisation en énergie thermique soit par de la cogénération, soit avec des unités en combustion directe type « nénuphar »,
- Autoconsommation photovoltaïque : on pourrait facilement atteindre 25 % d'autoconsommation sur des ateliers d'élevage (ateliers de transformation fromagère, vaches laitières avec robot de traite, veaux de boucherie), ce pourcentage pourrait sans doute légèrement augmenter avec quelques adaptations (de l'ordre de + 5 %).
- Possibilité d'utiliser le bois pour chauffer les méthaniseurs. On manque plus de gaz que de bois en France, les agriculteurs disposant de bois localement pourraient ainsi l'utiliser et augmenter la disponibilité de biogaz pour des utilisateurs qui n'ont pas la possibilité d'utiliser du bois (chauffage urbain, cuisine, process industriel ou transport).

Ces commentaires des experts agricoles mettent le doigt sur les difficultés d'aborder séparément la question des économies d'énergie et celle de la substitution envisageable d'énergies fossiles par des énergies non fossiles.

On peut cependant tenter de distinguer, dans un premier temps, d'une part les économies d'énergie « toutes choses égales par ailleurs » non liées à des substitutions d'énergies fossiles par des énergies renouvelables et celles qui peuvent résulter de nouvelles technologies utilisant des énergies non fossiles ou bien de la substitution pure et simple d'énergies fossiles par des énergies non fossiles, d'autre part.

Ainsi, du strict point de vue des économies d'énergie possibles « toutes choses égales par ailleurs », hors substitution, il apparaît que celles-ci pourraient atteindre de l'ordre de 15 % à l'horizon 2050 (solde entre économies et consommations supplémentaires) avec des différences importantes selon les secteurs de production ; soit en comparaison des 4,1 Mtep consommées aujourd'hui, une économie potentielle de 0,6 Mtep.

2.3. Les éléments techniques devant être pris en compte en vue d'une substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables en agriculture

La substitution des énergies fossiles actuellement utilisées par des énergies non fossiles au cours des 30 prochaines années est envisageable avec plus ou moins d'efficacité selon les dispositions prises ; ce qui renvoie aux scénarios développés dans la deuxième partie de ce rapport.

Cette substitution reposera principalement sur 3 axes d'action :

- Le changement de motorisation des tracteurs, engins et machines agricoles,
- L'électricité pour les bâtiments d'élevage,
- La chaleur fatale ou la biomasse pour les serres chauffées.

2.3.1. Le changement de motorisation des tracteurs, engins et machines agricoles est au cœur d'une stratégie de décarbonation de l'agriculture

L'utilisation des machines agricoles, essentiellement les tracteurs mais aussi les autres matériels de récolte, de transport ou de manutention, représente plus de 50 % des consommations énergétiques des exploitations agricoles (2,1Mtep). La substitution des carburants fossiles actuellement utilisés (gazole) par des énergies renouvelables est donc au cœur d'une stratégie de décarbonation de l'agriculture.

Il y a actuellement 800 000 tracteurs « actifs » sur les exploitations agricoles, soit en moyenne 2 tracteurs par exploitation avec un temps de renouvellement estimé à 28 ans en moyenne¹².

Les solutions de substitution au regard du parc actuel et de son renouvellement peuvent mobiliser diverses sources d'énergie renouvelables : (Voir Prototypes en Annexe 9, 10, 11)

- Le Biodiesel (B100) avec « rétrofit » possible des moteurs gazole existants, l'homologation euro 6 des tracteurs B100 et la possibilité de produire à la ferme du B100,
- Le BioGNV (BioGaz naturel pour véhicule) avec déploiement des infrastructures collectives de ravitaillement et soutien à l'implantation de stations de compression de GNVc à la ferme rendant possible l'auto-alimentation et la distribution de proximité à partir des méthaniseurs en parallèle à l'injection,
- L'électricité¹³,
- L'hydrogène¹⁴.

¹² Donnée Axema, fédération des distributeurs d'agroéquipements

¹³ Au regard de son coût, l'énergie électrique est plus intéressante mais demeure une solution limitée aujourd'hui par rapport aux besoins de puissance des moteurs et d'autonomie des matériels. Si des constructeurs de tracteurs travaillent cette voie, cela reste pour l'instant au niveau de prototypes mais avec des objectifs ambitieux pour trouver le meilleur compromis autonomie/poids/ puissance à des coûts maîtrisés (des coûts d'investissement de +20 % à 10 ans et des coûts de maintenance annoncés plus faibles que ceux des matériels existants).

¹⁴ La possibilité de recourir à l'hydrogène comme source d'énergie sur les exploitations agricoles, notamment pour les tracteurs et les autres machines, peut sembler lointaine aujourd'hui. La principale incertitude est, sur un plan technique, la question d'un accès ou d'un stockage de proximité en milieu rural. Les développements actuels des usages de l'hydrogène pour les camions ouvrent des perspectives. Par ailleurs les capacités de production d'hydrogène, notamment d'hydrogène « vert » (complètement décarboné), demeurent incertaines en volume et dans le temps même s'il est raisonnable de penser que des progrès significatifs peuvent être réalisés au cours des 30 prochaines années.

Dans le domaine de la mobilité lourde et de forte puissance, le GNV (demain majoritairement bioGNV) est en plein essor. 50% des immatriculations de bus et 10% des immatriculations de poids lourds de 2021 sont en GNV (flottes captives).

La substitution d'énergies décarbonées à la place du gazole utilisé aujourd'hui pose inévitablement la question du maintien ou non de la détaxation¹⁵ dont bénéficient aujourd'hui les agriculteurs (- 0,65 euro/litre ; soit une aide de 1,4 milliards/an au secteur agricole en faveur d'une source d'énergie fossile). Cette question est discutée spécifiquement dans le paragraphe 2.4.4 dans la partie liée aux enjeux économiques de la décarbonation, sans ignorer l'enjeu politique de cette question.

2.3.2. L'électricité pour les bâtiments d'élevage, notamment hors sol

L'hypothèse centrale concernant les bâtiments d'élevage est une orientation vers le « tout électrique », les autres sources fossiles devenant très chères avant de disparaître, et les solutions « énergies renouvelables » (biogaz et thermovoltaïques) demeurant marginales. Cette transition doit amener progressivement la substitution d'au moins 0,2 Mtep par l'électricité.

Au-delà des seuls bâtiments, la transition vers l'électrique des matériels d'élevage (raclage, distribution, manutention...) est aussi centrale, tout comme la large diffusion de panneaux solaires en toiture ou au sol (projets de quelques 100kWc tournés vers l'autoconsommation).

La question posée est celle de l'organisation de la transition du gaz vers l'électrique lié à l'établissement d'un nouveau rapport de prix du MWh entre les deux énergies.

2.3.3. Chaleur fatale ou biomasse pour les serres chauffées

Dans ce secteur, le mouvement naturel, d'ores et déjà programmé, est la fin des contrats de cogénération conduisant au remplacement des énergies fossiles actuellement utilisées par la biomasse ou la chaleur fatale¹⁶ qui sont toutes les deux moins chères que le gaz.

Associée à des technologies de réduction des consommations d'énergie qui progressent rapidement (isolation, déshumidificateur thermodynamique, ventilateurs...), cette substitution porte sur au moins 0,4 Mtep.

En définitive, 2,7Mtep, soit 80 %des consommations actuelles d'énergies fossiles paraissent effaçables techniquement à l'horizon 2050 par substitution avec des énergies non carbonées pour les tracteurs et les engins automoteurs, les bâtiments d'élevage et les serres, Si l'on y combine les économies prévisibles hors substitution, l'effacement de la totalité des consommations d'énergies fossiles parait atteignable sur le plan technique à l'horizon 2050 (dans la mesure où la substitution des énergies fossiles par les énergies renouvelables a été étudiée seulement sur les 3 principaux postes de consommation).

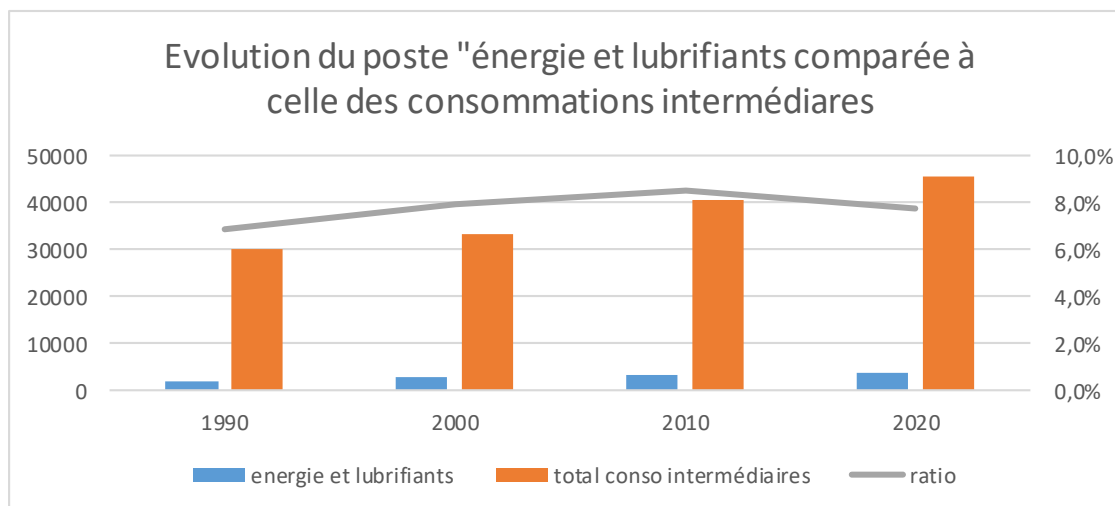
¹⁵ La fin de la détaxation du GNR pour les engins de travaux publics est programmée cette année, en 2022.

¹⁶ Chaleur fatale : chaleur résiduelle (énergie thermique) provenant d'un processus ou d'un produit non utilisé par ce dernier.

Cette possibilité technique doit cependant être confrontée aux réalités économiques du secteur avant de dessiner les scénarios de cette transition.

2.4. Les éléments de nature économique à prendre en compte au niveau des entreprises agricoles pour une transition acceptable vers l'usage d'énergies non fossiles en agriculture

Pour la « ferme France », le poste « énergie et lubrifiants » a représenté 3,5 milliards d'euros de charges en 2020¹⁷, soit 8 % des consommations intermédiaires.



Notons que ce chiffre de 3,5 milliards d'euros de dépenses « énergie et lubrifiants » est minoré en raison de la détaxation sur le gas-oil dont bénéficient les agriculteurs. Cette détaxation s'élève à 1,4 milliards d'euros, d'où un coût théorique de 4,9 milliards d'euros en 2020 qui est le coût réel des énergies consommées par le secteur agricole (avant détaxation).

Cela étant, les aspects économiques d'une possible stratégie de décarbonation seront variables selon les secteurs de production, l'évolution du prix des énergies renouvelables par rapport aux énergies fossiles, la possibilité de produire sur les exploitations agricoles une partie de ces énergies renouvelables et la façon dont sera éventuellement organisée la sortie de la détaxation du gas-oil.

2.4.1. Selon les secteurs de production, le coût de l'énergie varie en moyenne du simple au triple

Selon les données du RICA, en 2018, l'achat d'énergies représente 3 à 10 % des charges courantes d'exploitation selon les secteurs de production avec une moyenne de 6 % pour un montant moyen annuel de 11 600 euros (voir tableau ci-dessous).

¹⁷ Comptes de l'agriculture 2020, INSEE

RICA 2018	Moyenne en Keuros	Moyenne "total	charges énergie/
	Charges "énergie"	charges courantes"	total charges courantes
	par exploitation	par exploitation	
Toutes exploitations	11,6	196,65	5,9%
Céréales-Oléoprotéagineux	10,32	149,72	6,9%
Cultures générales	15,72	260,73	6,0%
Maraîchage	30,53	301,21	10,1%
Fleurs et horticulture diverses	14,78	226,93	6,5%
Viticulture	6,27	193,58	3,2%
Fruits et cultures permanentes	10,52	216,72	4,9%
Bovins lait	12,77	200,89	6,4%
Bovins viande	8,06	111,46	7,2%
Bovins mixtes	13,61	195,86	6,9%
Ovins et caprins	7,05	106,92	6,6%
Porcins	24,23	542,31	4,5%
Volailles	16,05	273,53	5,9%
Granivores mixtes	19,72	336,58	5,9%
Polyculture et polyélevage	13,78	219,89	6,3%

Autour de la moyenne de 6 % du ratio « charges énergie / total des charges courantes », auquel correspondent 3 OTEX (cultures générales, volailles et granivores mixtes), on trouve

- 8 OTEX à un niveau supérieur : céréales-oléoprotéagineux, maraîchage, fleur et horticulture, bovins lait, bovins viande, bovins mixtes, ovins et caprins et polyculture-polyélevage ;
- 3 OTEX à un niveau inférieur : viticulture, fruits et cultures permanentes et porcins.

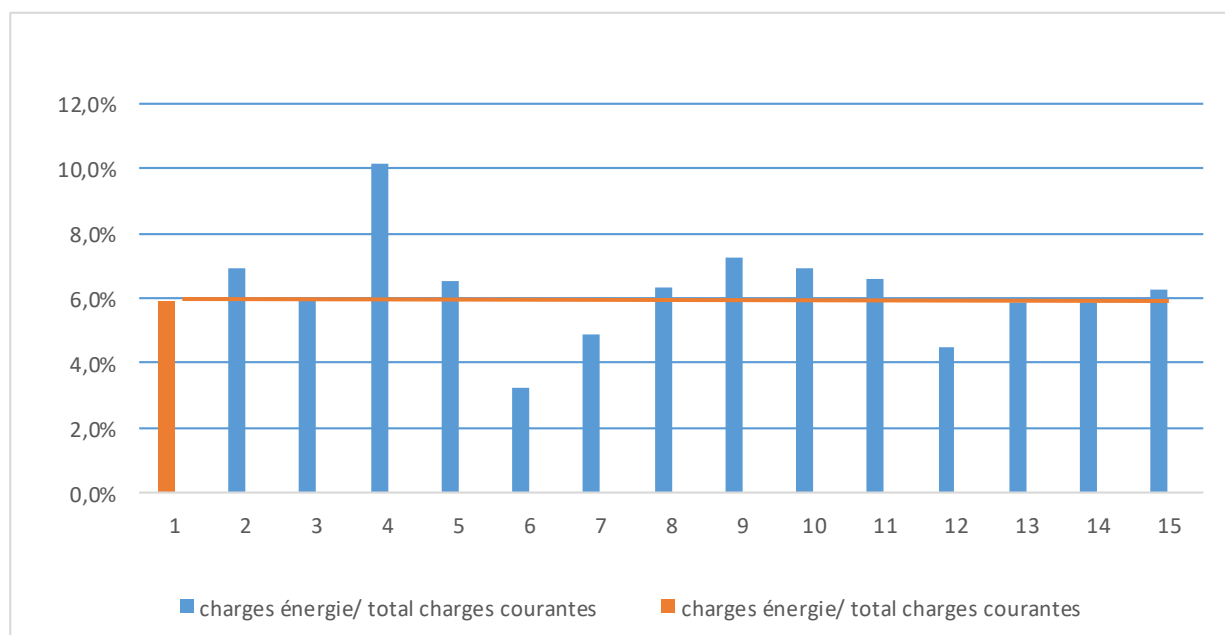


Figure 9 Charges d'achat d'énergie en % dans les charges directes des exploitations comparaison entre OTEX (source : RICA année 2018)

Il est intéressant de noter aussi que la moyenne des charges « énergie » par exploitation (en K€) présente des différences importantes, de 6 000 euros par an en moyenne en viticulture jusqu'à 30 000 euros par an en maraîchage.

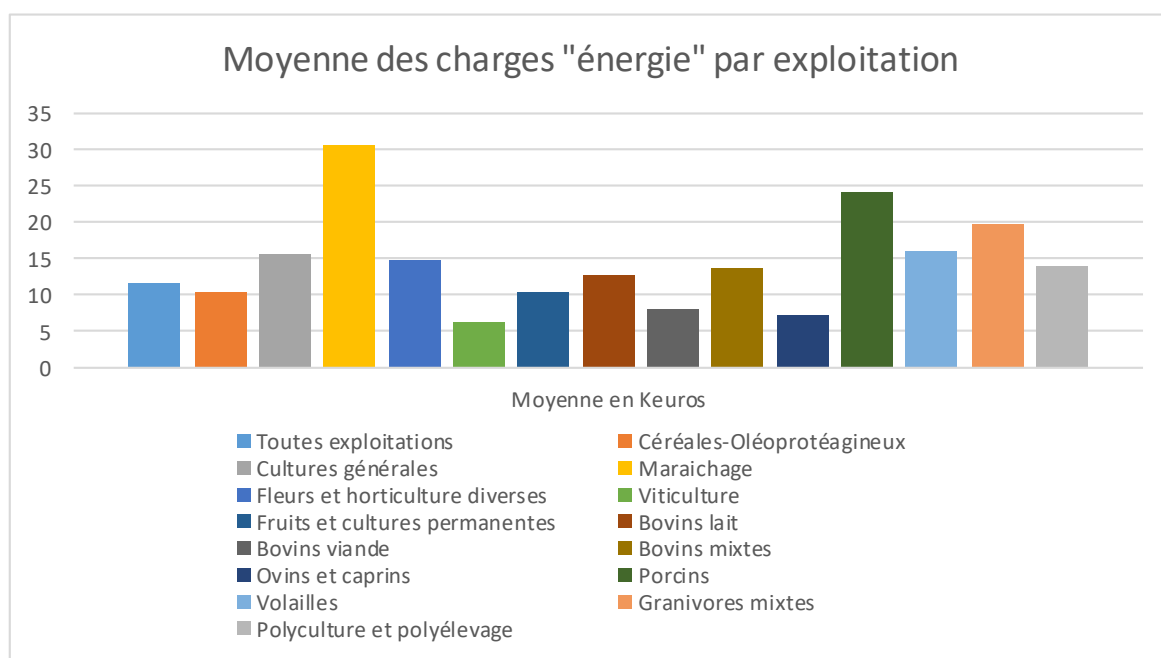


Figure 10 Charges d'achat d'énergie des exploitations agricoles en valeur absolue comparaison entre OTEX (Source RICA 2018)

Ainsi, par exemple, même si le coût de l'énergie est important en valeur absolue en maraîchage, dans les secteurs porcins, volailles et granivores mixtes, les évolutions possibles des matériels et des bâtiments sont plus favorables à des économies d'énergie et de possibles substitutions des énergies fossiles actuellement utilisées par des énergies décarbonées.

En revanche, dans les secteurs des cultures générales, de la polyculture-polyélevage, par exemple, la « décarbonation » essentiellement centrée sur les tracteurs, engins et autres machines agricoles, engage d'autres contraintes liées à l'adaptation ou au renouvellement de ces matériels sur un cycle de vie assez long.

Ajoutons que la situation économique de certains secteurs, notamment l'élevage, n'offre pas les mêmes capacités d'investissement et de renouvellement des matériels que dans d'autres tel que la viticulture ou les cultures générales.

Au-delà d'objectifs globaux de décarbonation de l'agriculture à l'horizon 2050, les contraintes économiques et techniques des différents secteurs de production ne peuvent pas être ignorées pour aborder la transition énergétique consistant à substituer des énergies décarbonées aux énergies fossiles actuellement utilisées.

2.4.2. L'évolution du prix des énergies décarbonées par rapport aux énergies fossiles et l'accessibilité à ces énergies sur tout le territoire sont déterminantes

Un des facteurs décisifs de la substitution des énergies fossiles par les énergies décarbonées sera le prix de ces énergies pour les agriculteurs avec la question du maintien ou non de la détaxation du gazole agricole qui sera décisive sur la transition et sa vitesse de réalisation.

Mais il ne suffit pas que telle ou telle source d'énergie soit moins chère, encore faut-il qu'elle soit facilement accessible aux agriculteurs et génératrice d'économies de charges. Dans ce sens, deux éléments paraissent déterminants avec des coûts budgétaires ou des coûts d'investissement induits :

- L'encouragement ou non à l'autoconsommation d'énergie décarbonée produite sur les exploitations,
- Le déploiement des infrastructures pour l'accès au niveau local aux énergies renouvelables utiles (électricité, GNVc...).

2.4.3. La production d'énergie renouvelable sur les exploitations et son autoconsommation peuvent contribuer de manière déterminante à la transition et au revenu des agriculteurs

La production d'énergie renouvelable sur les exploitations agricoles est à la fois un facteur important de la décarbonation (objectif environnemental) et de l'amélioration du revenu des agriculteurs et nombre d'entre eux en sont bien conscients (voir sondage 2020 en annexe 6).

Les énergies renouvelables en question peuvent être l'énergie solaire, l'éolien, le biométhane et le biogaz (méthaniseurs), les cultures oléagineuses (biodiesel), betteraves et céréales (blé, maïs) pour la production d'éthanol, la biomasse solide (bois ou cultures dédiées).

- **Energies renouvelables et revenu des agriculteurs** : Une étude de l'Union européenne¹⁸ portant sur des projets dans le domaine des énergies renouvelables de nature et d'envergure différentes souligne l'intérêt de développer la production d'énergie sur les exploitations agricoles en raison de son effet sur le revenu et de l'attractivité ainsi donnée aux exploitations concernées pour leur transmission :

. « Les projets d'approvisionnement de tiers en énergie avaient principalement pour objectif de diversifier les revenus d'exploitations agricoles ou forestières. Certains projets avaient été lancés et mis en œuvre par des PME ou des micro-entreprises. Lorsqu'ils ont réussi, les projets de ce type ont fourni à des ménages et à des bâtiments publics implantés dans des zones rurales des services énergétiques nouveaux et appréciés. Ces projets ont eu des effets positifs pour l'environnement, tout particulièrement dans le cas des systèmes de chauffage urbain, qui possèdent généralement un meilleur rendement énergétique et produisent moins d'émissions que les systèmes de chauffage individuels. Ces projets ont également offert de nouveaux débouchés commerciaux à leurs propriétaires. Ils ont en effet permis aux fournisseurs des matières premières tout au long de la chaîne d'approvisionnement en biomasse locale, principalement des agriculteurs et des sylviculteurs, de diversifier leurs revenus et de faire vivre leurs exploitations... ».

¹⁸ Cour Des Comptes Européenne, « Énergies renouvelables et développement rural durable », mai 2018.

« Les projets dont la finalité était l'autoconsommation ont procuré des avantages aux exploitations agricoles ou forestières ainsi qu'à l'industrie agroalimentaire, par exemple en garantissant l'approvisionnement en énergie et l'autosuffisance, ou en permettant la baisse des coûts de l'énergie, une amélioration de la performance financière ou une réduction de l'empreinte carbone. Ils ont également contribué indirectement à un développement rural durable par la création d'emplois et de perspectives de revenus pour les populations locales, ou par leur participation à l'amélioration des conditions environnementales dans la région... »

- **Autoconsommation des énergies renouvelables produites sur les exploitations agricoles :** Cette voie est encore insuffisamment exploitée et mérite cependant d'être approfondie. Sont particulièrement concernés la production d'énergie solaire, les méthaniseurs et les cultures énergétiques, en particulier le colza pour la production de biodiesel à la ferme.

Ainsi, par exemple, la pression des graines à la ferme ou en groupe (CUMA, achats en commun de presses...) pour la production de biodiesel pourrait être davantage encouragée¹⁹ en facilitant, par exemple, des adaptations techniques des matériels (obligation d'homologuer les tracteurs neufs à la fois pour le gazole et pour le biodiesel) et en neutralisant les taxes sur l'autoconsommation pour favoriser les arbitrages les plus pertinents : arbitrage entre coût de revient interne et prix d'achat externe, arbitrage production énergétique et alimentation animale ou humaine... Si cette voie n'a pas été privilégiée par les exploitants, on peut penser qu'à l'avenir, en raison du coût des énergies fossiles et d'une possible sortie de la détaxation du gazole agricole, son intérêt sera renouvelé dès lors que certains verrous techniques auront été levés (voir annexe 5).

2.4.4. La question de la sortie de détaxation du gazole agricole est posée dans un contexte défavorable de hausse du prix du pétrole

Dans l'absolu, la perspective d'une suppression de la détaxation du gazole agricole paraît déterminante pour faire évoluer les consommations d'énergie en agriculture, tant en volume que sur la nature des énergies utilisées.

La mesure pleine et immédiate (sans progressivité) représenterait un impact de 1,4 milliards d'euros de charges supplémentaires pour la « ferme France ». Ainsi, pour un revenu net moyen par exploitation de 25 000 euros, cela représenterait une baisse moyenne de revenu de 3 500 euros par exploitation, soit – 15 %, toutes choses égales par ailleurs, avec cependant des différences importantes selon les secteurs de production (voir plus haut).

¹⁹L'article 49 de la loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 avait prévu cette possibilité, en définitive très peu exploitée, en autorisant l'utilisation, comme carburant agricole, d'huile végétale pure par les exploitants ayant produit les plantes dont l'huile est issue. « On entend par huile végétale pure l'huile, brute ou raffinée, produite à partir de plantes oléagineuses sans modification chimique par pression, extraction ou procédés comparables ». « Les huiles végétales pures utilisées dans les conditions prévues au présent article et à l'article 265 quater bénéficient d'une exonération de la taxe intérieure de consommation ». Il s'agissait, comme l'avait indiqué le Sénat dans les travaux préparatoires de la loi, de développer « l'utilisation d'huile végétale en auto-consommation comme carburant agricole dans les exploitations pour l'alimentation des moteurs de tracteurs, les agriculteurs trouvant là un moyen de renforcer l'autonomie énergétique de leur exploitation tout en contribuant à la lutte contre l'effet de serre ».

Entre la nécessité de le faire et l'impact prévisible sur le résultat des exploitations, la voie est étroite pour organiser cette sortie de la détaxation en même temps que la substitution se met en place.

Le différentiel de prix en faveur des énergies décarbonées sera essentiel mais, s'agissant en particulier des tracteurs et autres matériels et engins agricoles, le renouvellement du parc et son adaptation aux nouvelles énergies déterminera aussi le scénario définitif de substitution.

L'acceptabilité de cette sortie de la détaxation sera liée

- Au différentiel de prix en faveur des énergies décarbonées,
- À la capacité de transformer l'aide budgétaire de la détaxation actuelle en incitation au renouvellement des matériels ou en réduction du coût des énergies décarbonées utilisées en agriculture,
- Au rythme de cette sortie.

Le positionnement de ces curseurs déterminera en grande partie les scénarios de substitution.

Au moment où sont écrites ces lignes (début avril 2022), en conséquence des hausses connues en 2021, début 2022 et de la guerre en Ukraine depuis 1 mois, le prix du gazole agricole a connu de fortes augmentations (entre mars 2021 et mars 2022, le GNR a augmenté de 120 % puis continue d'augmenter²⁰...). De fait, ces hausses vont au-delà du niveau de la détaxation en place, malgré les autres avantages consentis par le gouvernement (prise en charge de 0,15 euro, paiement anticipé de la TIPCE). Cette situation rend difficile politiquement et économiquement, pour les agriculteurs, l'ouverture d'un débat sur la sortie de la détaxation (au moins pour ceux dont les productions ne bénéficient pas de hausses de prix)... Mais dans ce cas, s'il n'est pas envisageable de « recycler » l'argent de la détaxation en incitation à l'investissement, où trouver les moyens budgétaires pour encourager l'adoption des solutions techniques permettant la substitution progressive des énergies fossiles par des énergies renouvelables ? C'est un sujet autour de 1 milliard d'euros par an en moyenne sur les 15 à 20 prochaines années.

3. LES SCENARIOS DE DECARBONATION A L'HORIZON 2050

La mission, sur la base des principales hypothèses qu'elle a retenues après en avoir débattu avec le « groupe expert », a retenu 3 scénarios de décarbonation à l'horizon 2050. Le premier scénario présenté (les « énergiculteurs ») correspond à une trajectoire optimale. Les deux suivants sont des scénarios plus ou moins « dégradés » par rapport au scénario optimal.

3.1. Les principes retenus pour construire les scénarios

3 principes ont guidé notre démarche de création des scénarios présentés :

²⁰Selon l'IDEE cela représente +1,10€/l de gazole agricole et un impact négatif de 9000€ sur le compte d'exploitation prévisionnel (pour une ferme « standard » de 1 million de litres de lait)

- Le 1er principe est de représenter au mieux l'univers des "possibles" en recherchant deux trajectoires extrêmes de la décarbonation de l'agriculture et en nous limitant à un seul scénario intermédiaire intégrant certaines mesures favorables et certains obstacles ou freins possibles à une trajectoire optimale.
- Le 2ème principe, contrainte impérative de tous les scénarios, est la viabilité à long terme des exploitations agricoles existantes aujourd'hui. Cette contrainte nous a amené à identifier comme facteur d'équilibre économique majeur la production d'énergie renouvelable par les agriculteurs, en plus d'aides temporaires substantielles pour compenser le coût de la transition énergétique.
- Le 3ème principe a été de discriminer les scénarios essentiellement par des choix de politiques publiques française (Etat, Régions) ou européenne. Les facteurs exogènes, sur lesquels les politiques publiques ont moins de prise ou bien par des liaisons indirectes complexes (évolution des prix bruts de l'énergie, évolution de la rémunération de la production alimentaire par rapport à celle du pouvoir d'achat général, innovation(s) technologique(s) providentielle(s)) qui sont susceptibles d'infléchir fortement les scénarios présentés ont été conservés identiques d'un scénario à l'autre. Notre hypothèse est qu'ils interagissent de manière supposée "neutre" ; c'est-à-dire en ne modifiant pas leur classement (haut, bas, moyen). Ces facteurs peuvent resserrer ou, au contraire, accentuer les écarts entre les scénarios mais sans en changer la hiérarchie. Les 3 scénarios mis en scène s'interprètent essentiellement comme le croisement d'un tableau à double entrée où le niveau de soutien aux énergies renouvelables d'origine agricole (Etat, Région, U.E.) est associé à un niveau de pression fiscale sur les énergies carbonées (précocité et intensité).

	Fiscalité énergétique "précoce" (très volontariste)	Fiscalité molle et "tardive" (peu volontariste)
Soutien massif aux ENR/agriculteurs	SCENARIO 1 Trajectoire haute LES ENERGICULTEURS	
Soutien faible ou très sélectif	SCENARIO 2 Trajectoire moyenne VOLONTARISME DILUE	SCENARIO3 Trajectoire basse DECROISSANCE SANS TRANSITION ENERGETIQUE

Tableau : synoptique des 3 scénarios de "Prospective Décarbonation 2050"

3.2. Les hypothèses communes aux trois scénarios (facteurs exogènes)

En application du 3ème principe, nous avons retenu le faisceau d'hypothèses le plus vraisemblable ou le plus "parcimonieux" aujourd'hui :

- Doublement (base juillet 2021) des prix **hors fiscalité** de l'énergie fossile et de l'électricité à mi-course (2035): Gaz naturel = 100€/MWh(+30€ transport/distribution); Electricité = 110€/MWh²¹ (+35€ transport/distribution); Pétrole(140€/baril), soit 90€/MWh(+18€ de raffinage et distribution) ;
- Pour les énergies renouvelables entre 2035 et 2050 : un prix du biogaz à terme de 70 €/MWh(+15€ de coût de distribution) ; des carburants durables à 130€/MWh ; des carburants de synthèse à 160€/MWh ; un hydrogène à 130€/MWh ; la biomasse solide à 60€/MWh ;

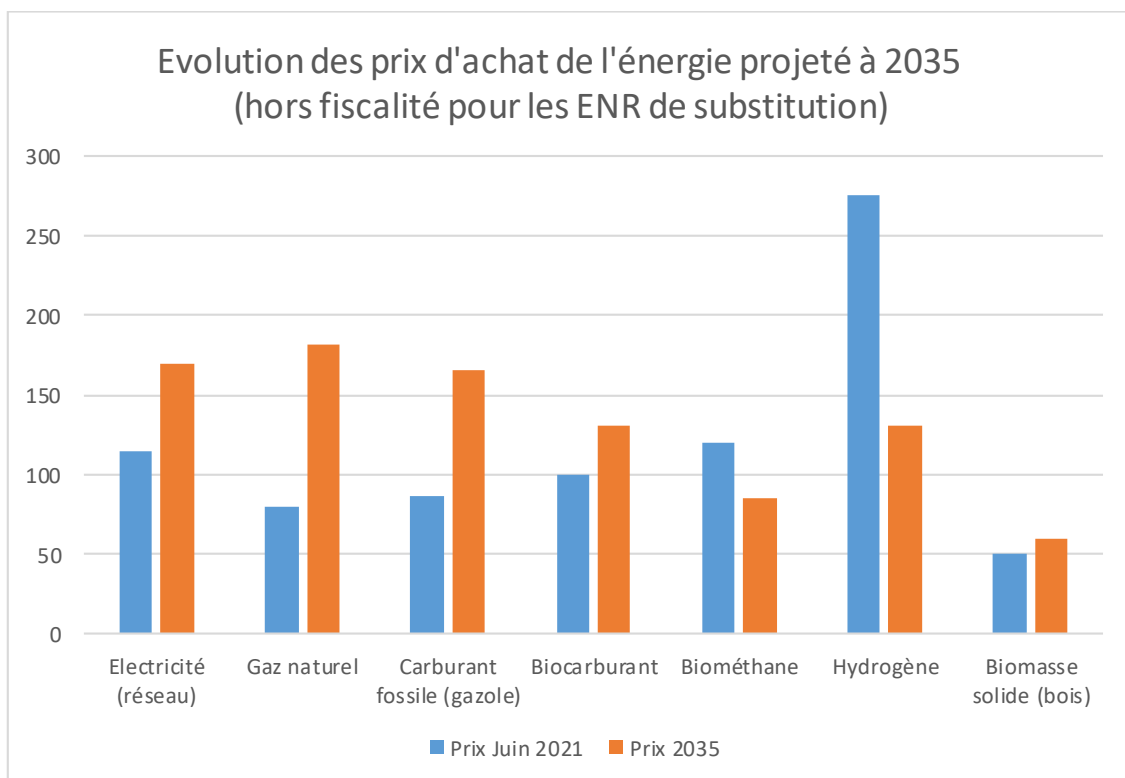


Figure 11 Comparaison des prix relatifs de l'énergie en 2021 et à mi-scenario (2035)

²¹Pour l'électricité, énergie difficilement stockable, le prix de marché peut varier cycliquement dans d'énormes proportions en raison du développement des sources intermittentes (éoliennes, panneaux solaires). Par ex. entre un milieu de journée ensoleillé sur l'Europe au mois d'août et un pic de consommation hivernal en début ou fin de nuit. Le prix retenu ici est un indice moyen annuel. Des taxes importantes frappent l'électricité à la vente (CSPE notamment 22,5€/MWh).

- Avec ces hypothèses de prix, l'autoconsommation (BioGNV, Biodiesel, électricité photovoltaïque) s'impose naturellement comme un choix économique avantageux pour les agriculteurs. La substitution énergétique devient un choix économique rationnel ;
- Evolution négative de la rémunération des productions alimentaires (et donc de la part correspondante du revenu des agriculteurs) liée à l'évolution générale du pouvoir d'achat, à la place décroissante des dépenses alimentaires dans la consommation des ménages, et au manque de compétitivité mondiale de notre agriculture (sauf ressaut « productiviste ») ;
- Rythme de disparition des exploitations agricoles qui suit la tendance actuelle avec un taux de renouvellement insuffisant des générations (un exploitant sur deux partira à la retraite dans les 10 prochaines années) et encore un nombre important des "micro-exploitations" pour lesquelles la transition énergétique est plus difficile (150 000 selon le RGA 2021) ;
- Baisse sensible de l'élevage bovin (-10 % d'ici 2050) et de l'élevage porcin (-5 % à l'horizon 2035 mais -20 % à l'horizon 2050) selon les prévisions de la SNBC 2020 ;
- Stagnation des serres chauffées autour de 1000 ha (chiffre actuel).

3.3. Le scénario 1 : Les « Energiculteurs »

Ce scénario correspond à une **Transition réussie des grandes et moyennes exploitations (240.000 en 2050) et à la quasi disparition des micro-exploitations (150 000 en 2021).**

Fonctionnement du scénario : Le gouvernement met en place des aides spécifiques à la transition énergétique de l'agriculture, notamment au remplacement des tracteurs « fossiles » par des tracteurs GNV ou électriques. L'Etat, inspiré par la vision de l'ADEME et de la PAC 2028 (éco-régime "neutralité 2050"), incite massivement les agriculteurs à produire des ENR sur leurs terres : PV, biomasse, méthanisation avec CIVE. Cependant les micro-exploitations, déconnectées de l'accès au crédit ne peuvent pas en profiter et ne peuvent assumer la transition énergétique (rétablissement de la fiscalité sur le GNR, hausse de l'électricité, insuffisance du revenu agricole, baisse des aides PAC). Elles n'ont pas de repreneur et disparaissent (-7000/an entre 2022 et 2035). La production d'énergie contribue de 25 à 50% au revenu net agricole. Ce modèle exclut donc de fait ceux qui n'en produisent pas, à l'exception de certaines productions (viticulture, maraîchage, pastoralisme).

Trajectoire du scénario : Dans ce scénario, la décarbonation de l'agriculture est "lancée" dès 2023 par une hausse de la fiscalité sur le GNR. Du fait d'aides importantes dédiées, le parc de tracteurs immatriculés en 2021, un million environ soit 800 000 tracteurs "actifs", est renouvelé comme suit :

- 200 000 tracteurs ENR sont substitués en 8 ans (2023-2031), soit sur 80% des grandes et moyennes exploitations : 3/4 au GNVc (11TWh/an), 1/4 à l'électricité, principalement des "robots". Avec au départ, en 2023, une subvention moyenne de l'Etat de 40 k€ (engin + batteries, réservoirs), annoncée comme décroissante par paliers, il s'agit de "créer un

choc" qui doit permettre d'éviter le plus possible l'achat de tracteurs conventionnels à gazole. Ensuite, ce scénario prévoit 300 000 tracteurs substitués de 2032 à 2050 (moitié gaz, moitié électrique).

- Les recettes importantes de l'Etat provenant de la fiscalité rétablie sur le GNR (ou d'autres ressources budgétaires)²² sont converties en un fond de subventions d'accompagnement permettant d'afficher une "neutralité" de la mesure vis à vis des agriculteurs et transformant une aide de fonctionnement pour une énergie fossile en aide à l'investissement pour des énergies renouvelables.
- Des subventions à l'investissement (100 M€) sont affectées à l'installation de stations autonomes de compression sur le réseau GRDF(mbp) pour faciliter la distribution du bioGNV, en portant l'objectif de l'AAMF²³ de 500 stations autour des méthaniseurs agricoles à 2500 stations maillant le territoire en 2030 (une station pour 60 exploitations ayant un tracteur GNVc, ce qui reste insuffisant pour de la distribution directe). Il faut viser 10 000 points de distribution GNV avant 2050 (voir annexe 7).
- 50 000 "gros" tracteurs gazole sont « rétro-fités » au biodiesel (B100) : pour une consommation annuelle 400 000 m3 de B100 (- 60 % de GES par rapport au GNR).
- En 2030, la consommation d'énergie est réduite de 1500 kTep/an de GNR (voir figure).
- En 2050, les engins agricoles non substitués ne représentent plus que 160 kTep/an.
- De 2023 à 2050, 300 000 tracteurs "actifs" de 2021 ont disparu sans être remplacés (disparition d'exploitations, robotisation, mutualisation)

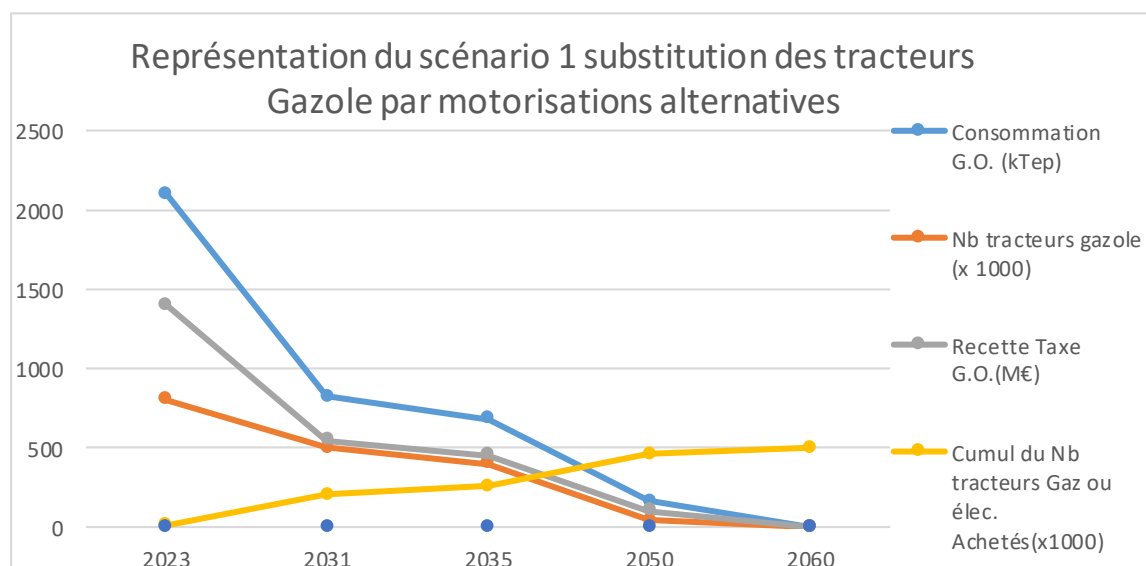


Figure 12 Trajectoire de substitution des tracteurs gazole par des tracteurs GNV puis électriques, avec lancement des opérations en 2023 (hausse fiscalité sur GNR).

²²Voir Recommandation 1 sur la sortie de la détaxation du gazole agricole.

²³AAMF : Association des agriculteurs méthaniseurs de France ; engagés depuis 2021 dans les tests en France du tracteur au GNVc avec ENGIE

Place centrale de la diffusion des énergies renouvelables comme « produit » des agriculteurs

Ce scénario est aussi structuré par une très importante production énergétique des agriculteurs, portée par 80% des exploitations (65% ont des panneaux solaires, 15% des cultures de biomasse ou de biocarburants, 5% sont associés dans un méthaniseur, 2% des éoliennes, 2% ont une surface incluse dans une centrale PV au sol)²⁴.

Cette production est tournée vers l'autoconsommation maximum, avec les limites dues à l'intermittence et aux capacités de stockage pour l'électrique. Elle protège les agriculteurs de la hausse immodérée des énergies disponibles sur le marché. Bien entendu, les quantités produites excèdent souvent de beaucoup les consommations de l'exploitation et génèrent alors un revenu. Ce revenu annexe de 5000 €/an à plus de 20000 €/an et par exploitation permet aux agriculteurs, en contrepartie d'un faible surcroît de travail, de recevoir un revenu net en hausse moyenne de 30% par rapport à 2021(en € constant). Ce modèle exclut, de fait, les agriculteurs non producteurs d'énergie en 2050. La facture d'énergie de ceux-ci dépasserait alors 30% de leurs charges directes contre moins de 8% en 2020.

Le développement de la production photovoltaïque dans les exploitations a déjà fait l'objet d'études technicoéconomiques, notamment par l'IDELE (Institut technique de l'élevage). Des incitations sous forme de subventions ou un apport de capitaux participatifs seraient nécessaires pour permettre une très large diffusion de ce modèle. La cible 2050 est une multiplication par 15 des exploitations produisant de l'électricité par panneaux voltaïques (un peu plus de 10 000 aujourd'hui selon l'Ademe).

Pour la grande majorité des exploitations, le dimensionnement idéal semble compris entre 100 et 250 KWc (700 à 2000 m² de toiture orientée sud), soit 1200 à 3500 m² de bâtiment. Pour permettre la recharge autonome d'un tracteur (1 journée de travail = 1000 KWH) ou de robots électriques, il faut que ce dimensionnement soit couplé à une capacité de stockage d'au moins 1200 KWh.

²⁴Notons que la production d'énergie par les agriculteurs n'est pas une nouveauté. D'abord, la production alimentaire est la production d'énergie nécessaire à la vie humaine mais, au-delà, il convient de rappeler qu'avant la mécanisation l'agriculteur produisait l'énergie nécessaire à la traction animale et y consacrait des surfaces importantes (1/4 à 1/3 des surfaces agricoles). Ce serait d'une certaine manière un retour à une forme d'énergie circulaire pour le secteur agricole.

	Photovoltaïque en vente Totale	Photovoltaïque en autoconsommation
Productible (kWh/kWc)	1059 kWh/kWc	
puissance	100 kWc	36 kWc
taux autoconsommation		81,60%
taux autoproduction		28,20%
coût investissement (installation + raccordement)	85 000 €	26 780 €
prix de vente électricité (c€/kWh)	9,47 c€/kWh	6 c€/kWh
prix achat électricité (c€/kWh)		15,16
charges annuelles	1 998 €	740 €
gain sur 20 ans	66 726 €	87 520 €
temps de retour	10 ans	5 ans
TRI	2,94	7,18

Temps de Retour = coût de l'investissement / (recettes annuelles + charges annuelles +/- charges de la dette)

TRI = Taux de Rentabilité interne = rendement permettant d'obtenir le gain sur 20 ans du projet à partir du coût d'investissement total

sur la base des hypothèses suivantes : 1% d'augmentation annuelle du prix de vente de l'électricité, 2 % d'augmentation annuelle des charges et 0,5% de perte de production annuelle des panneaux

sur la base des hypothèses suivantes : 3 % d'augmentation annuelle du prix de l'électricité achetée, 2 % d'augmentation annuelle des charges et 0,5% de perte de production annuelle des panneaux

Données 2021

Tableau : Rentabilité potentielle d'un investissement de panneaux photovoltaïques sur toiture agricole, d'après une étude de l'IDELE

Type ENR	Installé 2021	2035-Scénario 1	2050-Scenario 1
PV au sol	6 GW	20 GW ²⁵	45 GW
PV bat.(agri)	1,5 GW	8 GW	20 GW 170 000 exploitations
Biométhane	4 TWh 300 méthaniseurs	35 TWh 3000 méthaniseurs	100 TWh 8000 méthaniseurs
Cultures Énergétiques y.c. biomasse	25 TWh 0,8Mha	35 TWh 1,5 Million ha	65 TWh, 4Million ha

Tableau : Production d'énergie renouvelable des exploitations agricoles (Scénario1)

Les chiffres du tableau ci-dessus donnent de la force à l'affirmation selon laquelle la production d'énergie renouvelable deviendra pour une majorité d'exploitations agricoles une composante importante du revenu net final (de l'ordre de 20%).

²⁵Dont 5 GW espéré d'agri-voltaïsme

En ne conservant qu'une petite minorité des puissances installées (l'agri-voltaïsme) de la ligne PV au sol, on totalise une production en 2050 d'environ 200TWh/an représentant une valeur dépassant de beaucoup les 10 milliards €/an, à comparer aux 82²⁶ milliards € du total de la production agricole 2021. Sur une base prudente de 5€/MWh, on peut estimer que la marge nette additionnelle (gain en résultat ou revenu) sera de plus de 5000 € /exploitation produisant des énergies (190 000 exploitations en 2050 selon ce scénario x 1000 MWh = 190 TWh).

En reformulant ce constat, si on ne réussit pas à développer suffisamment la production d'ENR par les agriculteurs et à faire que cette production ne soit pas limitée à une petite minorité des exploitations, il sera impossible d'équilibrer économiquement le renchérissement des énergies, sauf à créer de nouvelles subventions aux agriculteurs !

Contraintes pesant sur scénario1	Limites ou freins
Provoquer un "choc" de transformation sans "choquer" les agriculteurs	Contexte politique, conjoncture sur les prix agricoles et alimentaires, risque d'opposition frontale au rétablissement de la taxe sur le gazole non routier
Disponibilité de tracteurs GNVc	Vitesse de réaction des constructeurs pour mise en production massive de tracteurs gaz
Infrastructure de distribution du GNV	Vitesse de réalisation d'un réseau "maillant" de distribution du GNVc en campagne
Possibilité de revente des tracteurs gazole avant amortissement "réel" complet	Retrofit B100 (réglementation euro6). Volume B100 rendu disponible pour l'agriculture, développement de presses à Colza artisanales sur les exploitations
Autonomie du système électrique, disponibilité de moyens de recharge "près des champs"	Vitesse de dissémination insuffisante du petit photovoltaïque agricole, disponibilité d'un système efficient de changement des batteries permettant recharge en journée, coût du stockage électrique
Date de l'arrivée du tracteur électrique	Compromis autonomie/puissance. Evolution de la réglementation sur véhicule autonome (AR robots parcelles/exploitation)
Diffusion des toitures photovoltaïques ou petites installations au sol chez au moins 65% d'agriculteurs	Bâtiments existants mal orientés, non adaptés, disposition des lieux d'exploitation, baisse du coût du stockage électrique, conseil, apports fonds propres à microprojets(fonds participatifs? ²⁷)

²⁶Chiffre incluant déjà pour une petite part de production énergétique (cultures dédiés essentiellement agro-carburants = colza)

²⁷ Par exemple la plateforme de financement participatif MIMOSA présente au salon de l'agriculture 2022 (voir Annexe8)

3.4. Le scénario 2 : Le volontarisme dilué

Ce scénario correspond à une **Agriculture "duale"** avec la **coexistence de deux strates très différenciées** : **150 000 exploitations, modernisées, décarbonées et environ 130 000 soutenues par des subventions accrues pour lesquelles l'énergie est devenu un handicap structurel.**

Fonctionnement du scénario: Comme dans le scénario 1, le gouvernement met en place des mesures pour enclencher la transition énergétique de l'agriculture (économies, substitution des énergies fossiles et production d'ENR). Mais il laisse les agriculteurs décider du rythme de celle-ci. Il prend des "demi mesures" en décalage avec les objectifs proclamés (ex. récemment sur les tarifs du biogaz excluant les CIVE ou le tarif trop bas pour le petit PV "non industriel"). Le GNV n'est pas accompagné partout pour l'installation de station autonomes à proximité immédiate des fermes alors que cette action est peu coûteuse à financer. De plus la conversion des tracteurs à l'électricité, insuffisamment soutenue prend beaucoup de retard au départ ; ce qui se ressent au point d'arrivée en 2050. La PAC échoue elle aussi à intégrer l'énergie d'origine agricole comme priorité.

Les plus "énergiculteurs" enfourchent la transition mais une autre moitié se concentre sur d'autres priorités telles que la vente directe, le bio, le tourisme rural. Ces options de diversification sont soutenues par des politiques régionales "fortes" et accompagnées par des subventions importantes du 2ème pilier. Certaines Régions s'opposent au développement des énergies renouvelables "agricoles" pas assez "cleantech" (ex. biogaz, biomasse, biocarburants) et aux centrales PV au sol pendant que d'autres exécutifs régionaux font les choix inverses et poussent les agriculteurs dans la transition énergétique et la production de renouvelable. Cela aboutit à une agriculture "duale" car au bout d'une ou deux décennies, les prix de l'énergie fossile rattrapent ceux qui n'ont pas fait "le bon choix énergétique". Les agriculteurs non producteurs d'énergie se trouvent en difficulté et le gouvernement décide de les aider à survivre par un chèque-énergie. Ils ont la sympathie de l'opinion car ils représentent l'agriculture « rêvée » du « small is beautiful », bio ou de proximité, avec beaucoup de "petits" éleveurs.

Trajectoire du scénario: Les principales divergences avec le scénario 1 sont le retard au démarrage puis le rythme de l'avancée de la conversion du parc de tracteurs de 2021.

180 000 tracteurs restent au gazole jusqu'à 2050 (les dates butoirs sont prolongées plusieurs fois) avec toujours une consommation de 0,7 Milliard de litres gazole/an en 2050 (voir graphique).

D'autre part, la production d'énergie est davantage concentrée entre les mains d'un plus petit nombre d'agriculteurs : un grand nombre d'exploitations « dynamiques » ont fait d'autres choix d'investissement et le manque de soutien "proactif" a écarté les exploitations les moins dynamiques de l'accès à la production d'énergies renouvelables. La "petite" agriculture résiste, moins de terres sont libérées pour la biomasse, les CIVE, les biocarburants ou le PV au sol (voir tableau ci-dessous).

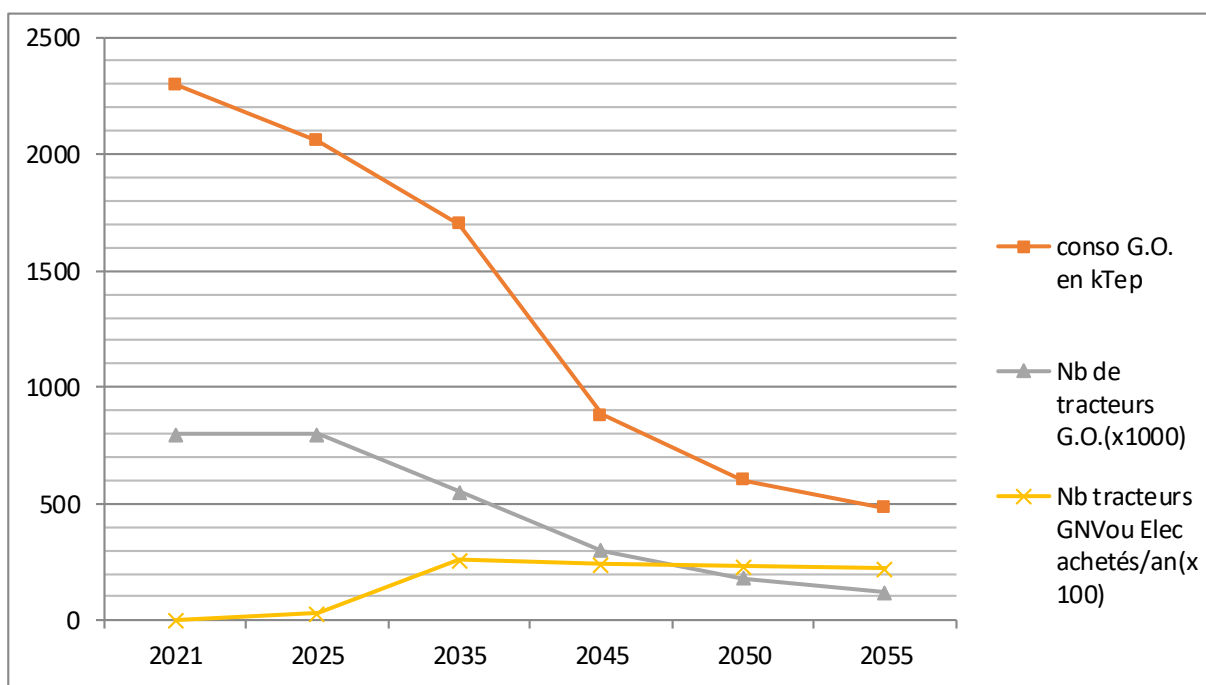


Figure 13 Evolution du parc de tracteurs et de la consommation de produits pétroliers selon le scénario 2

Type ENR	Installé 2021	2035-Scénario2	2050-Scénario 2
PV au sol	6 GW	15 GW ²⁸	30 GW
PV bat.(agri)	1,5 GW	4 GW	10 GW 75 000 exploitations
Biométhane	4 TWh 300 méthaniseurs	25 TWh 2000 méthaniseurs	80 TWh 6000 méthaniseurs
Cultures Énergétiques y.c. biomasse	25 TWh 0,8Mha	35 TWh 1,2 Million ha	35 TWh, 1,2 Million ha

Tableau : Production d'énergie renouvelable des exploitations agricoles (Scénario 2)

Résultats du scénario:

En 2035, la consommation de gazole des engins agricoles dépasse encore 1500 kTep et en 2050, il reste 280 000 exploitations en activité, 150 000 exploitations, modernisées, décarbonées et environ 130 000 soutenues par des subventions de l'énergie fossile consommée pour lesquelles l'énergie est devenue un handicap structurel,

- 25% des bâtiments d'élevage, non modernisés, restent utilisateurs d'énergie fossile (gaz ou fuel) avec des consommations moyennes plus élevées donc moins rentables ; ce qui correspond à 100 kTep.

- La décarbonation n'est pas atteinte en 2050 : la consommation résiduelle d'énergie fossile est de 700 kTep dont 600 kTep pour les tracteurs et autres machines agricoles.

²⁸Dont 5 GW espéré d'agri-voltaïsme

3.5. Le scénario 3 : La décroissance sans la transition énergétique

Ce scénario correspond à de l'attentisme dans un contexte de décroissance et de sobriété forcée avec pour conséquence une extinction des petites exploitations et la survie des plus grandes (« extensification darwinienne »).

Fonctionnement du scénario : Par crainte de réactions violentes des agriculteurs, le gouvernement recule sans cesse le signal prix sur l'énergie pour les agriculteurs (arrêt de la détaxation du gas-oil agricole). Le GNR agricole détaxé perdure contre toute logique "climatique" (émission des GES).

Privé de cette ressource fiscale importante le gouvernement ne met pas non plus en place suffisamment d'incitations ciblées pour la production d'ENR par les agriculteurs. De plus, les anti-nucléaires s'opposent à la conversion au tout électrique des bâtiments d'élevage et d'une partie du parc de machines qui pourraient en profiter.

Les agriculteurs subissent la hausse des carburants fossiles (prix multiplié par 2 par rapport à 2019, avant 2035). La part de la production agricole dans le revenu stagne, voire baisse... L'agriculture française, de moins en moins compétitive, perd des parts de marché dans tous les secteurs. La PAC a peu d'effet sur le volet énergétique. Les exploitations les plus importantes récupèrent sans peine les surfaces et les DPU des exploitations plus petites ou les plus fragiles qui disparaissent à un rythme soutenu (entre - 8000 et -10 000/an). Grâce aux transferts de la PAC, qui baissent mais qu'ils concentrent entre leurs mains, deux fois moins nombreuses, ils mettent en place un modèle d'exploitation très extensif. Ce modèle agricole qui n'évolue pas sur le plan énergétique va dans le mur mais satisfait quand même la « deep ecology » très influente à Bruxelles et en France. Les agriculteurs restés en place et qui s'en sortent ou ceux qui veulent continuer de valoriser leur foncier tirent un revenu de substitution de la location de terres pour des éoliennes ou du PV au sol (40 000 € par an de revenu en moyenne).

Trajectoire du scénario : Réussir la transition énergétique avec des acteurs agricoles pour une bonne partie en difficultés financières ou en équilibre précaire n'est pas simple. Ces entreprises vont recevoir un "signal prix", conséquence de la conjonction de la hausse constante du prix des énergies conventionnelles et du rétablissement d'une fiscalité sur le GNR, qui devrait les pousser à investir dans des moyens de production autonome d'énergie, principalement le solaire photovoltaïque, accessoirement le biogaz ou la biomasse. Mais la hausse de la facture énergétique (3500 €/exploitation en cas d'alignement fiscal du gazole agricole sur le gazole routier)²⁹ sera un puissant frein aux capacités d'investissement dans les énergies renouvelables.

Cela ressemble à une équation insoluble. S'il n'y a pas un accompagnement anticipé et puissant, rassurant, concret, protecteur du revenu (conditionné à des investissements dans la production autonome d'énergie) c'est l'échec assuré, donc la reculade.

²⁹ Le maraîchage (serres chauffées- 6000 emplois temps plein) et les élevages seront les plus impactés par la hausse des énergies et les moins à même de pouvoir réagir.

Résultats du scénario:

La sobriété forcée, s'étendant même jusqu'aux engrais azotés, et la baisse de compétitivité sur les marchés internationaux liée au retardement de la "conversion énergétique" aboutissent à une forte baisse de la production agricole française (- 35 %). Du point de vue des pratiques, cela se manifeste par une hyper domination de modèles extensifs, avec de larges surfaces délaissées, pudiquement qualifiées de "jachères écologiques" et payées par la PAC. Les travaux agricoles sont simplifiés pour réduire les consommations d'énergie. Les cheptels sont réduits drastiquement par des "extinctions massives" parmi les exploitations d'élevage. Le problème des nitrates disparaît "par miracle". En bref :

. Moins 25 % de consommation énergétique, sobriété "forcée" mais encore plus de 1000 kTep de fossile consommés : le parc de tracteurs évolue peu vers les motorisations alternatives. L'objectif à l'horizon 2050 est loin d'être atteint.

. Il ne reste que 200 000 exploitations en 2050 (- 50 % par rapport à 2020), de surface moyenne supérieure à 120 ha.

. La friche a augmenté, principalement au détriment des territoires d'élevage ruminant. Les paysages ruraux sont transformés de manière visible (touristiquement ils ont perdu de leur attrait).

La production des ENR demeure très en dessous des projections scénarisées en 2021 par l'ADEME : la production photovoltaïque est de 45 TWh, essentiellement par des centrales au sol (location de terres délaissées), la production de biométhane est de l'ordre de 60 à 75 TWh et la production de la biomasse et des biocarburants représente 15 TWh.

3.6. Comparaison des résultats des 3 scénarios

Trois moyennes par exploitation existant en 2050 ont été calculées pour comparer entre eux les résultats des scénarios :

Le pourcentage de décarbonation est défini comme le ratio (consommation d'ENR + consommation d'électricité réseau x 0,9) / consommation énergétique totale.

Le taux d'autonomie agricole est défini comme le ratio consommation d'ENR / consommation énergétique totale.

Type Energie	Rappel du MIX 2021 consommation (47 TWh)	Scenario 1 en 2050 Consommation totale 40TWh	Scenario 3 en 2050 Consommation totale 34,6 TWh	Scenario 2 en 2050 Consommation totale 40 TWh
Gazole	33TWh	1,8 TWh	13 TWh <u>NON TAXE</u>	7 TWh
Electricité /réseau	8 TWh	8 TWh	6 TWh	8 TWh
Gaz(hors GNV)	2,1 TWh	0,2 TWh	0,6 TWh	1,1 TWh

ENR³⁰	4,2 TWh (Biochaleur essentiellement)	30 TWh dont : PV : 10 TWh BioGNV: 12 TWh B 100: 4 TWh Biochaleur : 4 TWh	15 TWh dont : PV : 3,5 TWh BioGNV : 5 TWh B 100 : 2,5 TWh Biochaleur : 4 TWh	24 TWh dont : PV : 5 TWh BioGNV : 9 TWh B 100 : 6 TWh Biochaleur : 4TWh
Commentaire	Décarbonation = 25% Autonomie Agricole = 10% Dépense énergétique 11 600 €/an	Economies sur consommation de 15%(tous usages) Parc tracteur : 300 000 GNV 150 000 Electrique 50 000 B100 40 000 G.O. Production PV dans 65% des exploitations Décarbonation = 95% Autonomie Agri = 75 % Dépense énergétique 7 420 €/an	Sobriété forcée -25% consommation (tous usages) Parc tracteur : 250 000 G.O. 70 000 GNV 30 000 B100 40 000 électrique ou robots Production PV dans 20% Exploit. Décarbonation = 60 % Autonomie Agri = 43 % Dépense énergétique 18 000 €/an	Economies sur consommation de 15%(tous usages) Parc tracteur : 225 000 GNV 75 000 électrique 130 000 G.O. 50 000 B100 Production PV par 30% des exploitations Décarbonation = 80 % Autonomie Agri = 60 % Dépense énergétique 10260 €/an

Tableau : comparatif des 3 scenarios pour ce qui concerne le mix énergétique final

La dépense énergétique est obtenue en prenant le solde de la consommation énergétique du scénario (consommation totale x (100 - %autonomie)) et en lui affectant un prix d'achat de 170 €/MWh³¹(résultat divisé par le nombre d'exploitations en 2050).

Dans ce tableau et pour les calculs faits ici, BioGNV et B100 utilisés par les agriculteurs sont considérés autoconsommés car ils sont produits en tant qu'ENR par des agriculteurs, même s'ils sont distribués à d'autres agriculteurs que ceux qui les produisent.

³⁰Biochaleur = biogaz (non épuré) et biomasse solide (2,5TWh en serres chauffées). Dans ce tableau et pour les calculs faits ici, BioGNV et B 100 sont considérés autoconsommés car ils sont produits en tant qu'ENR par des agriculteurs, même s'ils sont distribués à d'autres agriculteurs.

³¹Voir Figure 11 Prix futur des énergies au paragraphe 3.2

4. RECOMMANDATIONS TIREES DE LA PROSPECTIVE

7 recommandations pour encourager le maximum de production et d'autoconsommation possibles des énergies renouvelables sur les exploitations agricoles

Les 7 recommandations qui suivent doivent permettre l'élaboration d'un plan pluriannuel de remplacement des énergies fossiles utilisées par des énergies renouvelables afin d'« effacer » les émissions de GES liées à l'usage des énergies fossiles en agriculture ; ce qui correspond à ¼ de l'effort de réduction des émissions de GES demandé au secteur agricole à l'horizon 2050 (SNBC). Ce plan doit viser en priorité à encourager le maximum de production et d'autoconsommation possibles des énergies renouvelables sur les exploitations agricoles.

Acter la sortie de la détaxation du gazole agricole dès 2023 ou 2024 sur une période de 10 ans et, par une décision interministérielle, en accord avec la profession agricole, affecter les économies budgétaires résultant de la suppression progressive de cette subvention à l'agriculture à un plan pluriannuel de subventions aux investissements de transition énergétique.

La subvention du gazole agricole (sous forme de détaxation) représente un budget d'aide annuel de 1,4 milliard € soit près de 1/6 des aides de la PAC, il serait très dangereux de le retirer aux agriculteurs sans contreparties. La proposition est de le transformer en subvention "vertueuse" sur le plan climatique et indépendance énergétique.

(Aide à l'achat par les agriculteurs de matériels permettant la substitution des énergies fossiles utilisées actuellement par des matériels utilisant les énergies renouvelables : nouveaux tracteurs GNV ou robots électriques, panneaux PV (P<500KWc), stockage électrique, "nénuphar"(biogaz) ou chaufferie biomasse, presses à la ferme ou CUMA de graines oléagineuses...).

Etablir avec les fabricants et distributeurs de tracteurs une feuille de route pour développer "massivement" l'offre disponible de tracteurs GNV et le « retrofit » biodiesel (B100) en lien avec la sortie de la détaxation du gazole agricole.

Prendre au plus tôt le texte réglementaire nécessaire prévoyant l'obligation pour les constructeurs de faire une homologation Euro6 simultanée (gazole et biodiesel) des nouveaux modèles de tracteurs et engins agricoles compatibles B100

L'homologation B100 seul (qui est une spécificité française) coûte beaucoup trop cher à un constructeur (New Holland, John Deere, Claas...) par rapport à la taille du marché français.

A partir de 2023, mettre en place avec GRDF, Engie et les énergéticiens intéressés un plan de déploiement de stations de compression sur le réseau Gaz pour avoir 2000 stations GNV en rural d'ici 2028, en plus des 500 à déployer par l'AAMF à cette même échéance en lien avec des installations de Biogaz (coût total : 80 à 100 M€).

Corriger certaines dispositions réglementaires actuelles qui empêchent la distribution du BioGNV par les méthaniseurs, d'une part, en prévoyant cette possibilité pour des volumes limités (<1 GWh/an) par des avenants aux contrats d'injection en cours et, d'autre part, en n'appliquant pas la TICGN sur ces volumes "100% ENR" en vente directe.

Participer activement à la définition, au sein de la future PAC, d'un Ecorégime "Neutralité carbone" de façon à ce qu'il bénéficie pleinement à la transition énergétique de l'agriculture française.

Assouplir les règles pour le développement rapide sur les exploitations agricoles des installations de panneaux photovoltaïques de puissance modérée, y compris au sol, pour faciliter la production et l'autoconsommation de l'énergie solaire en contribuant à l'amélioration du revenu des agriculteurs et en facilitant l'autofinancement de ces projets.

CONCLUSION

Chaque année l'injonction à se détourner des énergies fossiles se fait de plus en plus pressante. D'abord perçue comme un lointain horizon, 2050 est désormais accepté par le plus grand nombre comme la date à laquelle pays, villes, entreprises, citoyens devront faire la preuve par leurs réalisations qu'ils sont arrivés au plus près de la neutralité carbone.

L'agriculture, source de notre alimentation, qui représente à elle seule 20% des émissions françaises de GES n'échappe pas elle non plus à cette injonction. D'autant que la conversion totale du parc de tracteurs et d'engins agricoles (1 million d'immatriculations) du gazole vers d'autres énergies décarbonées sera un chantier de longue haleine. Il faut donc l'initier sans plus attendre car les engins et tracteurs achetés cette année (2022) devraient pour la plupart être encore en service en 2050.

Cette transformation pose aujourd'hui des problèmes technologiques et logistiques pas encore totalement résolus : autonomie moindre avec les nouvelles énergies, coûts du stockage de l'énergie électrique, disponibilité « à la ferme » ou à proximité immédiate des bornes de recharge électrique, du BioGNV comprimé, de stockages en hydrogène. Elle devrait poser paradoxalement beaucoup moins de questions de pertinence économique de développement volontariste des solutions matures, étant donné le renversement déjà constaté ou grandement prévisible de la hiérarchie des prix entre énergie fossiles et énergies renouvelables³². Cependant ce renversement des valeurs relatives correspond quand même à une hausse importante des énergies en valeur réelle, qui pourrait venir amputer encore le revenu disponible des exploitations.

C'est pourquoi il est apparu, à la faveur de notre exercice de construction de scénarios prospectifs, que le développement massif, bénéficiant d'un soutien public fort, de la production d'énergies renouvelables sur le maximum d'exploitations agricoles était indissociable de la réussite de la conversion des agriculteurs à ces nouvelles énergies à l'horizon 2050. Parce que cette production autonome est la garantie de pouvoir éviter une trop forte dépendance aux coûts des énergies de marché et, en plus, une source de revenu stable qui représentera à terme plus de 20% de la valeur de la Production agricole d'aujourd'hui (80 milliards d'euros en 2021).

La « chance » des agriculteurs est de disposer à ce jour d'un soutien budgétaire annuel de 1,4 milliards d'euros (3500 euros par exploitation) sous la forme d'une détaxation du gazole agricole. Sortir des énergies fossiles signifie naturellement sortir de cette subvention « contradictoire ». Le besoin de soutien financier public pour mener à bon port la conversion progressive du parc des engins agricoles fonctionnant au diesel et l'équipement des exploitations agricoles en nouvelles solutions d'autonomie et d'efficacité énergétique est incontestable. Ce constat appuyé par le groupe « expert » de concertation réuni à 5 reprises a amené notre mission à recommander que la totalité des sommes à percevoir par le rétablissement de taxes sur le gazole soit « rendue » aux agriculteurs par divers mécanismes de subvention d'investissement dans la transition énergétique qui leur seront dédiés. La combinaison de la sortie de la détaxe et de subventions dirigées vers le recours aux énergies décarbonées est la formule la plus incitative qui soit. Elle permettra, dans une vision d'avenir, de bonifier le revenu agricole à l'inverse de la prolongation indéfinie, et toujours plus coûteuse pour l'intérêt général, de système de compensation des hausses des énergies fossiles.

³² Au moment où ces lignes sont écrites, la molécule de gaz naturel est plus chère que celle de biométhane

Signatures des auteurs

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de mission



Cabinet du ministre

Paris, le **25 MAI 2021**

Le Directeur de Cabinet du Ministre
de l'Agriculture et de l'Alimentation

à

Monsieur le Vice-Président
du Conseil Général de l'Alimentation, de
l'Agriculture et des Espaces Ruraux
(CGAAER)

N/Réf : CI 831056

V/Réf :

Objet : Prospective relative à la décarbonation en matière d'usage d'énergies fossiles en agriculture à l'horizon 2050.

PJ :

Introduite par la loi de transition énergétique pour la croissance verte, la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique et la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle définit une trajectoire de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. La nouvelle version de la SNBC et les budgets carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033 ont été adoptés par décret le 21 avril 2020.

Pour l'agriculture, la SNBC vise d'ici 2030 une réduction de 18 % des émissions du secteur par rapport à 2015 et une réduction de 46 % à l'horizon 2050, hors sols agricoles dont les émissions et absorptions sont comptabilisées dans le secteur des terres¹. L'orientation A2 de la SNBC pour l'agriculture prévoit de « réduire les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie fossile et (de) développer l'usage des énergies renouvelables avec une division par 2 de la consommation énergétique du secteur à l'horizon 2050 ».

Si la part des émissions des gaz à effet de serre liés à l'élevage, à la fertilisation azotée et aux pratiques culturales focalise largement l'attention, il importe également de porter intérêt aux émissions résultant de la consommation des énergies fossiles par le secteur agricole et aux enjeux de la décarbonation de l'énergie utilisée. En effet, les énergies fossiles, pétrole et gaz principalement, actuellement utilisées par le secteur agricole (pour le fonctionnement des équipements, des installations de stockage, des serres, etc.) correspondent à 11 % des émissions de gaz à effet de serre, et certains acteurs considèrent qu'il est possible, d'ici 2050, de les remplacer complètement par des énergies renouvelables.

.../...

¹ Secteur de l'Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Forêt.

En permettant ainsi un effacement de 11 Millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt CO₂ éq) (sur la base des chiffres 2017), l'intérêt d'une telle substitution serait de réaliser plus du quart de l'effort demandé à l'agriculture par la SNBC, l'objectif global de réduction étant fixé à 40,5 Mt CO₂ éq à horizon 2050. Pour y parvenir, il importe d'avoir recours à des énergies décarbonées et d'améliorer l'efficacité énergétique des équipements utilisés.

Je souhaite que le CGAAER, dans une démarche prospective, étudie avec tous les acteurs concernés (agriculteurs, Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole, fournisseurs de machines, énergéticiens, chercheurs, etc.) les possibilités pour le secteur agricole, de recourir totalement d'ici 2050 à des énergies renouvelables, en substitution aux énergies fossiles utilisées aujourd'hui. Seront notamment abordées les sources d'énergies non fossiles utilisables (électricité, hydrogène, biocarburants...), les adaptations nécessaires des équipements et les surcoûts éventuels d'investissement ou de fonctionnement, les évolutions des pratiques culturales induites, les trajectoires possibles pour atteindre l'objectif au cours des trente prochaines années ainsi que les risques de dépendance à des technologies étrangères.

Je souhaite pouvoir disposer du rapport de la mission en fin d'année 2021.



Fabrice RIGOLET-ROZE

Annexe 2 : Note de cadrage

Prospective relative à la décarbonation en matière d'usage d'énergies fossiles en agriculture à l'horizon 2050

Mission n° 21065

Note de cadrage

établie par

Hervé LEJEUNE

Inspecteur général de l'agriculture

Michel VALLANCE

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

Septembre 2021

SOMMAIRE

INTRODUCTION	55
1. RAPPEL DE LA COMMANDE	55
2. CONTEXTUALISATION DE LA MISSION	55
2.1. Carbone et agriculture aujourd'hui	55
2.2. Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et secteur agricole	56
2.3 Le secteur forêt-bois dans la SNBC (projet pour consultation publique de janvier 2020).....	57
2.4 Enjeux de la mission	58
3. OBJET ET PERIMETRE DE LA MISSION.....	59
3.1. Nature de la mission	59
3.2 Périmètre de la mission	59
4. DOCUMENTATION DISPONIBLE	59
5. DEMARCHE ET PHASAGE	60
5.1. Méthodologie	60
5.2. Calendrier d'exécution	60
ANNEXE : LETTRE DE MISSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

INTRODUCTION

Le Ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation a confié au Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER) par un courrier du 25 mai 2021 une mission de « Prospective relative à la décarbonation en matière d'usage d'énergies fossiles en agriculture à l'horizon 2050 ».

Michel Vallance, ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts, et Hervé Lejeune, Inspecteur général de l'agriculture, ont été désignés par le bureau du CGAAER pour conduire cette mission.

1. RAPPEL DE LA COMMANDE

Les énergies fossiles utilisées par l'agriculture, pétrole et gaz essentiellement, correspondent à 11 % des émissions de GES du secteur agricole. Il est demandé au CGAAER, dans une démarche prospective et avec tous les acteurs concernés, d'étudier les possibilités pour le secteur agricole de substituer totalement à l'horizon 2050 les énergies fossiles actuellement utilisées par des énergies renouvelables.

2. CONTEXTUALISATION DE LA MISSION

2.1. Carbone et agriculture aujourd'hui

2.1.1. Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) du secteur agricole français

- Si l'on s'intéresse au secteur agricole, le total des émissions directes de GES représentait 86 MtCO₂eq en 2017, soit 18,5 % des émissions totales de la France (en baisse de 7,6 % entre 1990 et 2017)³³. L'essentiel des émissions directes (87 %) est constitué d'émissions de méthane (44,8%), principalement liées à l'élevage, et de protoxyde d'azote (42,6 %), principalement liées à la fertilisation azotée. Les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie du secteur³⁴ sont donc minoritaires (11,2 % du total).
- Quant aux émissions indirectes de GES (100MtCO₂eq), elles sont liées essentiellement à la fabrication des intrants et au secteur de la première transformation. ClimAgri³⁵ estime que sur 119 Twh de consommation d'énergie finale de l'agriculture métropolitaine, 53 % est liée aux consommations directes, principalement de carburants, et 47 % aux consommations indirectes, principalement la production

³³ Chiffres figurant dans le projet de stratégie nationale bas-carbone pour consultation du public (janvier 2020).

³⁴ Engins, moteur et chaudières en agriculture et sylviculture.

³⁵ ClimAgri est un outil et une démarche de diagnostic énergie-gaz à effet de serre pour l'agriculture et la forêt, à l'échelle des territoires diffusé par l'ADEME.

d'engrais azoté. Les consommations indirectes ne distinguent pas le territoire métropolitain et les importations (plus de la moitié des engrais azotés sont aujourd'hui importés). Le secteur de la transformation agroalimentaire est un secteur où une partie des énergies fossiles peut être substituée par des énergies tirées de la biomasse, dans une logique d'économie circulaire (méthanisation, cogénération).

2.1.2 La séquestration du carbone par le secteur agricole (« puits de carbone »)

Le secteur peut séquestrer ou « déstocker » du carbone dans les sols ou les systèmes agroforestiers. Selon les méthodes de calcul retenues, les terres agricoles (cultures et prairies) auraient « relargué » (solde net) 9,5MtCO₂eq en 2017³⁶.

2.1.3. La consommation énergétique du secteur agricole

- En 2017, la consommation finale d'énergie de l'agriculture et de la pêche s'établit à 4,1 Mtep (- 1,4 % par an en moyenne depuis 2012) dont 72 % de produits pétroliers, 18 % d'électricité, 5 % de gaz naturel et 4 % d'énergies renouvelables³⁷.
- Le secteur agriculture-pêche a dépensé 3 Milliards d'euros d'énergie en 2017 (+ 9 % par rapport à 2016). Les produits pétroliers représentent moins des deux-tiers de cette dépense, l'électricité 31 % et le gaz 3 %.

2.2. Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et secteur agricole

2.2.1 La prise en compte des spécificités du secteur

Concernant l'agriculture, le projet de SNBC mis en consultation publique (janvier 2020) souligne les spécificités du secteur:

« Le secteur est soumis à des enjeux multiples: nourrir les populations, fournir de l'énergie et des matériaux, assurer la pérennité des paysages et de la biodiversité, répondre aux exigences croissantes en matière de qualité sanitaire et environnementale de la production, faire face à une pression sur les terres, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques, et ce, dans des conditions économiques et sociales satisfaisantes.

Les plantes ont besoin d'azote pour croître. S'il est possible d'en optimiser la gestion ou la forme d'azote utilisé, et d'améliorer l'efficacité des plantes, tout apport d'azote sur les terres

³⁶ Tandis que l'absorption de carbone par les forêts en France a été évaluée à 18,7 MtC/an, soit 68,4 MtCO₂/an pour la période 1984-1996 (PIGNARD et al., 2004). En France, la forêt représente un immense réservoir de carbone d'environ 2 Gt, dont 860 millions de tonnes dans les arbres et les feuilles, 120 millions de tonnes dans les litières, l'humus et le bois morts et 1 020 millions de tonnes dans les sols (Dupouey & Pignard, 2001).

³⁷ A noter que la pêche représente 8 % du total des consommations d'énergie de l'ensemble agriculture-pêche, essentiellement du gazole des bateaux de pêche, avec une augmentation de la consommation de 15 % en 2017. La pêche a dépensé 211 millions d'euros pour sa consommation finale d'énergie, soit + 30 % qu'en 2016 en raison de la hausse des prix des carburants (+ 13 %) et de la hausse de la consommation (+ 15 %).

s'accompagne forcément d'émissions de N₂O, puissant GES, dont il n'est pas possible de s'affranchir complètement.

De même, la rumination des animaux d'élevage entraîne des émissions de CH₄ via la fermentation entérique, qui peuvent être un peu limitées par certaines pratiques d'alimentation animale mais qui sont, elles aussi, inévitables.

Par conséquent, la production de végétaux ou d'animaux s'accompagne nécessairement d'émissions de GES, sous forme de N₂O et/ou de CH₄, qui dépendent fortement des quantités produites.

D'un autre côté, le secteur des terres (l'agriculture et la forêt) absorbe du CO₂ de l'atmosphère via la photosynthèse et peut le séquestrer dans le sol ou dans la biomasse aérienne. Il peut donc compenser une partie des émissions directes de GES, mais ce processus est réversible ».

2.2.2 L'objectif à horizon 2050 : une réduction de 46 % des émissions du secteur agricole

La stratégie vise une réduction de 18 % des émissions du secteur en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % à l'horizon 2050, hors sols agricoles dont les émissions et absorptions sont comptabilisés dans le secteur des terres (UTCATF).

2.2.3. Six orientations présentées par la SNBC pour le secteur agricole

Dans sa version pour consultation du public, le projet de SNBC (janvier 2020) présente 6 orientations pour parvenir aux objectifs indiqués :

- Orientation A1 : « Réduire les émissions directes et indirectes de N₂O et CH₄ en s'appuyant sur l'agro-écologie et l'agriculture de précision. »
- Orientation A2 : « Réduire les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie fossile et développer l'usage des énergies renouvelables avec une division par deux de la consommation énergétique du secteur à l'horizon 2050. »
- Orientation A3 : « Développer la production d'énergie décarbonée et la bio-économie pour contribuer à la réduction des émissions de CO₂ françaises et renforcer la valeur ajoutée du secteur agricole. »
- Orientation A4 : « Stopper le déstockage actuel de carbone des sols agricoles et inverser la tendance en lien avec l'initiative « 4/1000, les sols pour la sécurité alimentaire et le climat ». »
- Orientation A5 : « Influencer la demande et la consommation dans les filières agro-alimentaires en lien avec le Programme national de l'alimentation et de la nutrition (PNAN). »
- Orientation A6 : « Améliorer les méthodologies d'inventaire et de suivi. »

2.3 Le secteur forêt-bois dans la SNBC (projet pour consultation publique de janvier 2020)

2.3.1. La contribution du secteur à la neutralité carbone

La SNBC mentionne que le secteur est stratégique pour la neutralité carbone à l'horizon 2050 parce qu'il doit

- Alimenter l'économie en énergie et produits bio-sourcés et renouvelables,
- Contribuer fortement au puits de carbone du secteur des terres incluant la forêt via la séquestration du carbone en forêt et dans les produits bois.

La SNBC n'indique pas d'objectif de réduction des émissions de GES mais présente un « scénario SNBC révisé » (neutralité carbone) avec une projection du « puits de carbone » du secteur forestier qui indique en 2050 un niveau voisin de celui de 2020 : de l'ordre de -50 MtCO₂eq, de l'ordre de 2 fois plus que le scénario tendanciel.

2.3.2. Trois orientations présentées par la SNBC pour le secteur forêt-bois

- Orientation F1 : « En amont, assurer dans le temps la conservation et le renforcement des puits et des stocks de carbone du secteur forêt-bois, ainsi que leur résilience aux stress climatiques. ».
- Orientation F2 : « Maximiser les effets de substitution et le stockage de carbone dans les produits bois en jouant sur l'offre et la demande. »
- Orientation F3 : « Evaluer la mise en œuvre des politiques induites et les ajuster régulièrement en conséquence, pour garantir l'atteinte des résultats et des co-bénéfices attendus. »

2.4 Enjeux de la mission

Sur les 9 orientations présentées ci-dessus qui concernent directement l'agriculture et la forêt dans la SNBC, seulement une, l'orientation A2 concerne l'énergie utilisée dans les activités agricoles avec un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique : division par 2 de la consommation énergétique à l'horizon 2050. L'orientation A3 participe complémentirement à la réalisation de l'objectif de diminution des émissions par l'apport énergétique d'ENR produites sur l'exploitation venant substituer des énergies fossiles.

Outre cette division par 2 de la consommation énergétique à l'horizon 2050, la SNBC indique aussi que le secteur agricole doit baisser de 46 % ses émissions de GES à l'horizon 2050 (88MtCO₂eq base 2015). Concrètement, cela signifie que le secteur agricole doit réduire de 40,5MtCO₂eq au cours des 30 prochaines années ses émissions directes de GES.

Dans cette perspective notons que :

- La réduction de moitié de la consommation énergétique représenterait une réduction de 2 Mtep compte tenu de la consommation actuelle (4,1 Mtep)
- Le mix énergétique agricole de ces 4,1 Mtep est composé pour 3 Mtep de produits pétroliers (consommés pour 94 % par les véhicules et matériels agricoles), 0,2 Mtep de gaz méthane tandis que l'électricité (énergie non carbonée) représente 0,8 Mtep et les énergies renouvelables (non carbonées) représentent environ 0,2 Mtep.
- Les 2 Mtep de consommation espérée en 2050 seront constitués à minima de l'existant en énergies décarbonée, soit 1 Mtep (0,8 Mtep d'électricité et 0,2Mtep d'énergies renouvelables). Reste donc à substituer 1 Mtep en énergie décarbonée supplémentaire (électricité et énergies renouvelables) aux énergies fossiles.
- Une telle évolution sur 30 ans correspond à l'effacement des 11 MtCO₂eq de

CO2 émis par le secteur en 2017 ; soit plus de 25 % de l'effort demandé au secteur en matière de réduction des émissions de GES.

En raison de facteurs techniques plus facilement maîtrisables (rapidité des progrès techniques sur les matériels, contraintes réglementaires efficaces...), il est donc essentiel d'agir, d'une part, sur l'efficacité énergétique des matériels utilisés et, d'autre part, sur la substitution des énergies fossiles par des énergies décarbonées.

Cela pose de nombreuses questions, dont les suivantes :

- Quelles énergies décarbonées utiliser : biocarburants, électricité, hydrogène,...en fonction de leur disponibilité, de leurs coûts, des puissances requises...) ?
- Quel serait le surcoût total de la décarbonation pour le secteur ?
- Quel chemin proposer, linéaire ou non, dans ce sens au cours des 30 prochaines années ?
- Comment va (ou peut) évoluer la mécanisation de l'agriculture au cours des 30 prochaines années ?
- Quel est le risque de dépendance vis-à-vis de matériels étrangers si les travaux adéquats ne sont pas mis en œuvre rapidement (temps de développement, normalisation des équipements...) ?

3. OBJET ET PERIMETRE DE LA MISSION

3.1. Nature de la mission

Il s'agit d'une mission de prospective normative. En effet, l'objectif est fixé et il s'agit d'étudier la stratégie pour l'atteindre ; c'est-à-dire étudier les différents « chemins » possibles et préconiser le ou les scénarios correspondants

3.2 Périmètre de la mission

Les missionnaires proposent d'adopter comme périmètre de travail le secteur agricole au sens strict ; c'est-à-dire à l'exclusion de la pêche et de la forêt en considérant que

- la réflexion sur le secteur agricole est prioritaire en raison des émissions de GES liées à ce seul secteur,
- des solutions envisageables pour le secteur agricole pourront éventuellement être étudiées ensuite pour la pêche et la forêt.

Le travail proposé couvrira la métropole et les Outre-mer.

S'agissant de substituer des énergies décarbonées aux énergies fossiles utilisées en agriculture, la mission, en prenant en compte la possibilité d'utiliser la biomasse à cet effet, propose de ne pas intégrer dans le champ de la mission l'énergie issue de la biomasse agricole pour d'autres usages qu'agricole.

4. DOCUMENTATION DISPONIBLE

La mission examinera la documentation disponible dont :

- « Agriculture et efficacité énergétique , propositions et recommandations pour améliorer l'efficacité énergétique des exploitations agricoles en France », ADEME, février 2019 ;

- « Evolution du marché mondial des biocarburants », Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques, 2021 ;
- « Stratégie nationale bas carbone », MTES, 2020
- « La neutralité carbone dans les transports en 2050 ? Un générateur de trajectoires possibles », Stéphane Dupré Latour, Revue de l'électricité et de l'électronique, 2019 ;
- « Research and innovation to decarbonise the agriculture and land-use sector », DEEDS policy brief, avril 2020 ;
- Les nombreux articles de presse sur l'évolution des motorisations et des usages des énergies renouvelables dans le secteur des transports de personnes ou de marchandises ;
- Les récents rapports du CGAAER qui concernent de près ou de loin la problématique travaillée (méthanisation, bioéconomie, « budget vert »...)

5. DEMARCHE ET PHASAGE

5.1. Méthodologie

Il est proposé pour la conduite de cette mission de s'appuyer sur un groupe de suivi créé pour l'occasion et associant les principaux acteurs concernés et notamment : les représentants de la méthanisation, ceux de l'agri-voltaïsme, les pôles recherche et stratégie d'EDF, ENGIE, l'Association française du gaz (BioGNV), le secteur de l'hydrogène, le pôle IAR-bioéconomie, l'ACTA avec ses Instituts techniques, l'INRAE, la FNCUMA, la fédération des entrepreneurs agricoles, les représentants du machinisme agricole (AXEMA), la Coopération agricole, le MAA (DGPE) et le MTES. Ce groupe aura pour objectif de partager des expériences en France et à l'étranger, d'identifier les hypothèses de travail les plus réalistes quant aux techniques et aux objectifs et de débattre des stratégies à mettre en œuvre.

Des rencontres avec les acteurs, sur le terrain, en France et en Europe (2 à 3 pays), sont envisagées ainsi que la visite de deux à trois salons du machinisme en Europe (SIMA à Paris, Agritechnica à Hanovre, Salon international de la mécanique agricole à Bologne...).

5.2. Calendrier d'exécution

La mission prévoit de « livrer » le rapport attendu en avril 2022.

Annexe 3 : Liste des personnes rencontrées

Composition du Groupe de travail

"Réduction des GES liés à la consommation énergétique des exploitations agricoles"

Organisme représenté	Nom	Fonction	Mail
Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France (AAMF)	Mauritz QUAACK JF DELAITRE	Président	bioenergiedelabrie@gmail.com jfdelaitre@aamf.fr
Sun'R (agrivoltaïsme)	Nathanael KASRIEL	Chef de cabinet du PDG	nathanael.kasriel@sunr.fr
Esterifrance (Biodiesel)	Kristell GUIZOUARN	Présidente	kristell.guizouarn@groupeaavril.com
AGPM/AGPB (agrocarburant)	Gildas COTTEN	Responsable Nouveaux Débouchés	gildas.cotten@agpm.com
SNPAA (éthanol)	Sylvain DEMOURES	Secrétaire Général	sdemoures@snpaa.fr
APCA (Chambres d'agriculture)	Olivier DAUGER Nicolas WALTER Mickael NAITLHO	Vice Président/ Energies Permanent Permanent	olivier.dauger@wanadoo.fr nicolas.walter@apca.chambagri.fr mikael.naitlho@apca.chambagri.fr
IDELE Institut de l'Elevage	Jean-Marc GAUTIER Patrick MASSABIE Thomas GONTIER	Chef Service Bâtiments Robotique, Bâtiments Expert Bas Carbone	jean-marc.gautier@idele.fr Patrick.Massabie@idele.fr thomas.gontier@idele.fr
ITAVI Institut des Volailles	Maxime QUENTIN M. FONTANET	Directeur Adjoint Directeur Régional	quentin@itavi.asso.fr
Terrasolis Farm Démonstrateur Bas Carbone	Maximin CHARPENTIER Etienne LAPIERRE	Président Collaborateur	energie313@orange.fr etienne.lapierre@terrasolis.fr
Pole IAR (cultures énergétiques)	M. NIAKATE Ingrid BOUVARD Mlle MULLER	Ingénieur Ingénieur Ingénieur	niakate@iar-pole.com bouvard@iar-pole.com muller@iar-pole.com
FNCUMA	Stéphane CHAPUIS	Directeur Technique	stephane.chapuis@cuma.fr

AXEMA (machinisme agricole)	Guillaume BOCQUET	Directeur Technique	g.bocquet@axema.fr
CTIFL (Serres chauffées)	Ariane GRISEY	Ingénieur "énergies"	ariane.grisey@ctifl.fr
ADEME	Jérôme MOUSSET Nicolas TONNET	Chef Service Agriculture Ingénieur	jerome.mousset@ademe.fr nicolas.tonnet@ademe.fr
MTE (DGEC)	Joseph HAJJAR Elizabeth PAGNAC-FARBIAZ Vincent DELPORTE Guillaume PIERRAT	Chef de bureau (émissions, SNBC) Chef de bureau (ENR terrestres-électrique) Chargé de Mission Biogaz	joseph.hajjar@developpement-durable.gouv.fr elizabeth.pagnac-farbiaz@developpement-durable.gouv.fr guillaume.pierrat@developpement-durable.gouv.fr
Association française du Gaz	Gilles DURAND	Expert GNV/BioGNV	gdurand@afgnv.fr
EDF	Carmen MUNOZ Jean Marc LAURUOL Anne-Sophie COINCE Valérie MURIN	Directrice Aval R&D Pole R&D Pole R&D agriculture Pole R&D infrastructure recharge	Carmen.Munoz-Dormoy@edf.fr jean-marc.lauruol@edf.fr anne-sophie.coince@edf.fr valerie.murin@edf.fr
ENEDIS	Laurent STIEN	C.P. Mobilité électrique	laurent.stien@enedis.fr
ENGIE	Marta KAMOLA-MARTINES Adrien ZYNGERMAN	Stratégie Biométhane Engie Solutions agriculture	marta.kamola-martines@engie.com adrien.zyngerman@engie.com
GRDF	Vincent JEAN-BAPTISTE	Responsable Affaires agricoles et Biométhane	vincent.jean-baptiste@grdf.fr

Annexe 4 : Liste des sigles utilisés

ADEME :	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
APCA :	Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture
AXEMA :	Syndicat français des acteurs industriels de la filière des agroéquipements
CEE :	Certificats d'Economies d'Energie
CIVE :	Culture Intermédiaire à Vocation Energétique
CTIFL :	Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes
CUMA :	Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole
EDF :	Electricité de France
ENR :	Energies renouvelables
FNCUMA :	Fédération Nationale des CUMA
GES :	Gaz à Effet de Serre
GIEC :	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GNV :	Gaz Naturel pour Véhicules
GPL :	Gaz Propane Liquéfié
GWh :	GigaWatt/heure
GRDF :	Gaz Réseau Distribution France
IAA :	Industrie Agro-Alimentaire
IDELE :	Institut de l'élevage
ITAVI :	Institut technique de l'aviculture
Ktep/KTep :	Kilo tonnes équivalent pétrole
Meuros :	Million d'euros
MtCO ₂ eq :	Million de tonnes équivalent CO ₂ (gaz carbonique)
MTE :	Ministère de la Transition Ecologique
Mtep :	Million de tonnes équivalent pétrole
MWh :	MegaWatt/heure
OTEX :	Orientation technico-économique des exploitations
PV :	Photovoltaïque
RICA :	Réseau d'Information Comptable Agricole
RGA :	Recensement Général de l'Agriculture
RNBA :	Revenu Net de la Branche Agricole
SNBC :	Stratégie Nationale Bas Carbone
TICGN :	Taxe Intérieure de Consommation sur la Gaz Naturel
TICPE :	Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques
TWh :	TeraWatt/heure
USDA :	Département de l'agriculture des Etas-Unis (équivalent Ministère de l'agriculture)
UTCATF :	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Annexe 5 : Presse à Colza - Biodiesel "à la ferme"



Depuis deux ans, une drôle de remorque se balade dans les campagnes d'Ille et Vilaine. A l'intérieur se cache toute une installation qui permet de presser du colza pour obtenir huile et tourteaux. Cette presse mobile fait escale à Mellé, au Gaec des 4 chemins. "C'est la 4^e année que je presse du colza, explique Marcel Dubois, l'un des associés de ce Gaec. D'abord avec la presse des Cuma costarmoricaines, puis depuis deux ans, avec celle de la Cuma Innov'35 (voir encadré). Presser du colza est un pas supplémentaire pour renforcer l'autonomie de l'exploitation, au niveau énergétique comme de l'alimentation du troupeau laitier, donc d'être moins dépendant des fluctuations des cours". Le colza a un double intérêt : énergétique avec de l'huile, qui est un bon carburant, et alimentaire par les tourteaux, qui peuvent remplacer le soja. Au Gaec des 4 chemins, tout le colza de l'exploitation, soit de 4 à 5 ha, est pressé. "Pour un rendement moyen de 30 quintaux, un hectare de colza permet d'obtenir 1.000 litres d'huile et 2 tonnes de tourteaux, chiffre l'agriculteur. Certes, le pressage demande un peu de temps mais l'intérêt économique est là". Pour limiter les déplacements de la remorque, Marcel Dubois presse tout son colza en une fois, pendant l'hiver. "Ca correspond à la période où on consomme le plus d'aliment. De toute façon, le tourteau se conserve 3, 4 mois sans problème".

Une presse itinérante

Afin de permettre à tous les agriculteurs du département d'avoir accès à une presse puissante et équipée d'un système autonome de chargement, la Cuma départementale Innov'35 a conçu ce système mobile, entièrement installé dans une remorque qui s'attelle à un tracteur. Cet investissement de 62.000 euros a été soutenu à hauteur de 30% par le Conseil général. En plus d'être mobile, la presse est simple

d'utilisation, ce qui permet à chaque adhérent de réaliser seul son pressage. 22 agriculteurs d'Ille et Vilaine utilisent déjà ce matériel et 60 tonnes sont pressées chaque année.

Pour tout renseignement, contacter la FDCuma 35 (tél : 02 23 48 29 70).

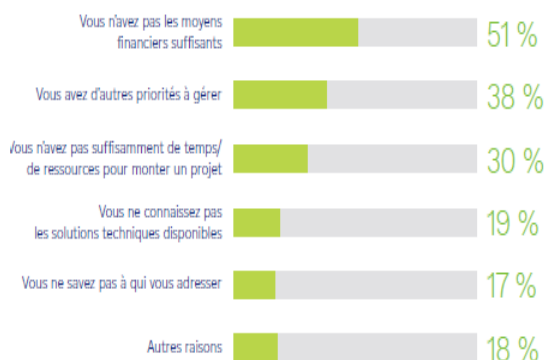
Annexe 6 : Résultats d'un sondage auprès des agriculteurs

PRIORITES des AGRICULTEURS en matière de transition énergétique et freins à leurs projets (d'après EDF Livre blanc 2021)

2.2. Les freins à lever pour généraliser les actions

2.2.1. Des freins financiers et administratifs à lever, en priorité

Pourquoi n'avez-vous pas mené de projet dans votre exploitation (plusieurs réponses possibles) ?



Quelle(s) difficulté(s) avez-vous rencontrée pour réaliser votre (ou vos) projet(s) (plusieurs réponses possibles) ?



Source : « L'agriculture bas-carbone », enquête en ligne, juin 2021.

En matière d'agritolisme, par exemple, les freins ne sont clairement pas financiers. Il y a beaucoup de liquidités, de nombreux fonds qui veulent investir. La difficulté consiste plutôt à trouver de bons projets dans lesquels investir, qui soient des vrais projets agrivoltaiques, qui sont finalement assez peu nombreux.

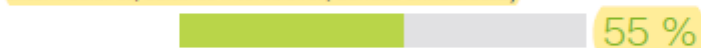
Charlotte Virally, responsable des activités renouvelables au département transition énergétique à la direction de l'investissement de la Banque des Territoires

2.3. Des priorités d'action ciblées

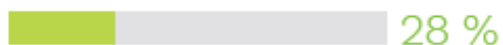
2.3.1. Une volonté d'accélérer sur la séquestration carbone

Selon vous, quelles sont les actions prioritaires pour une agriculture bas-carbone (plusieurs réponses possibles) ?

Développer les pratiques culturales favorables à la séquestration de carbone (semis direct, cultures intermédiaires, cultures intercalaires, bandes enherbées...)



Agriculteurs qui ont opté pour une installation photovoltaïque



Agriculteurs qui envisagent d'installer des panneaux photovoltaïques



Source : « L'agriculture bas-carbone », enquête en ligne, juin 2021.

Annexe 7 : Station Karrgreen BioGNV et recharge électrique rapide

Plus qu'une station, un hub multi-énergie



Guidé par sa volonté d'être un acteur de la stratégie française pour l'énergie et le climat, Karrgreen propose du bioGNC produit localement à partir de déchets organiques. Huit camions peuvent être avitaillés par heure grâce à deux bornes de distribution équipées chacune d'un pistolet NGV1 et NGV2. Autre énergie proposée : l'électricité avec une borne de recharge rapide pour véhicule électrique jusqu'à 150Kw.

Par ailleurs, pour la gestion des besoins électriques, Karrgreen fait appel à une solution innovante : le Smart Grid et l'installation de panneaux photovoltaïques en ombrière. « Cela permet de stocker l'énergie sur des batteries, d'écrêter les appels de puissances des compresseurs et ses

batteries sont rechargées avec une lumière solaire qui permet de recharger ces batteries mais aussi de mettre en place des super-chargeurs qui peuvent aller jusqu'à 200k et qui auront pour objectif de recharger des véhicules légers » explique Marc Le Mercier.

Projet synergique

Ces énergies sont produites grâce à des schémas d'économie circulaire impliquant transporteurs, agriculteurs, coopératives et acteurs de territoire. De la collecte des déchets, à l'épuration du biogaz en passant par l'injection du biométhane dans le réseau de transport de gaz jusqu'à la distribution en stations, c'est une multitude d'acteurs locaux qui participent.

Ces acteurs ne font pas que participer, ils sont également actionnaires de Karrgreen. En effet, la spécificité des stations du réseau Karrgreen est que, pour chaque station, est établie une société dédiée au territoire.

Cette société est composée d'actionnaires dont la majorité sont des personnes morales ou physiques du territoire à savoir : transporteurs routiers, autocaristes, agriculteurs et les acteurs de la collectivité. Ces SAS locales enrichissent leur territoire grâce à la fiscalité et les dividendes seront réparties à l'ensemble des utilisateurs actionnaires. « Ces hubs créent de la valeur économique sur le territoire », conclut Marc Le Mercier.

— Aujourd'hui, John Deere lève le voile sur le projet d'un tracteur autonome électrique équipé d'une batterie d'une capacité de 1000kWh. L'autonomie serait d'une journée de travail.



Pré
fon
un
anr
Noi
sta
« A
exp



Pour se déplacer d'une parcelle à l'autre, un relevage avant permet de fixer une cabine sur le SESAM.

lget de 1,5 million (1,1 million hors
aguré à Ploërmel : « Nous calculons
c 25 poids lourds qui parcourent
ie demandons pas de subventions.
iles. Ce sont des utilisateurs de nos

ouvrir 150 stations à horizon 2024 »,
hez Karrgreen.

Annexe 8 : Plateforme de financement Participatif MiiMOSA

Apport de capitaux pour des projets agricoles de transition écologique en manque de fonds propre

Ils ont financé leur projet sur MiiMOSA



Benoît LEVASSEUR

Une unité de méthanisation agricole dans l'Oise
Prêt rémunéré



Je suis très content d'avoir croisé la route de MiiMOSA, cela ma permis d'engager localement les citoyens autour de mon projet. En 48 heures la collecte était finalisée sans avoir à engager de fonds propres. C'était tellement rapide !"



Montant collecté
200 000 €



Contributeurs
496 citoyens



Catégories d'impact
Énergies renouvelables | Emplois et territoires | Amélioration du niveau de vie



Un parc photovoltaïque agricole

Soutenez ce projet d'installation de panneaux solaires sur des bâtiments agricoles.



par Azolis Développement Holding
SIREN: 909860371
Fontainebleau, France

H-9

Prêt rémunéré

5%

505 950 € collectés

Objectif de 700 000 €

72 %

Prêter

Votre contribution vous sera intégralement remboursée si le projet n'atteint pas 100% de son objectif.

Taux d'intérêt 5%/an	Durée 🔒
Échéances trimestrielles	Rang de remboursement senior
Différé in fine	Montant minimum 50 €

Voir les risques - Voir la fiscalité - Voir les conditions

Origine des contributions :
30% particuliers | 70% professionnels

Partager ce projet

Partager 1

Tweet

Annexe 9 : Tracteurs électriques (et) autonomes - Robots agricoles

JOHN DEERE JOKER : 680 CH AUTONOMES

Concernant le concept de **tracteur autonome**, **John Deere** déclare : « il est aujourd'hui facile de faire évoluer un tracteur en autonomie dans un champ, mais cela n'a aucun intérêt ! Ce qui compte, c'est de réaliser un travail en autonomie, ce qui est beaucoup plus compliqué ! »

C'est là que le **John Deere Joker** prend tout son sens. Capable de développer une puissance électrique 500 kw (l'équivalent de 680 ch), soit l'équivalent d'un tracteur articulé John Deere 9620RX ! Ce **robot**, très compact donc au regard de la puissance annoncée, peut se chausser de roues ou de chenilles et être lesté de 5 à 15 tonnes en fonction des travaux à réaliser.



TRACTEUR ELECTRIQUE AUTONOME de Forte PUISSANCE SORTI en 2022

Aujourd'hui, John Deere lève le voile sur le projet d'un tracteur autonome électrique équipé d'une batterie d'une capacité de 1000kWh. L'autonomie serait d'une journée de travail.



Pour se déplacer d'une parcelle à l'autre, un relevage avant permet de fixer une cabine sur le SESAM.

NE PLUS PERDRE SON TEMPS À LA CONDUITE

Par ailleurs, cette innovation s'inscrit dans la transformation qu'observe actuellement l'agriculture. L'objectif étant de progresser vers des systèmes plus intelligents et plus efficaces. En somme, faire plus avec moins. Car le déficit est bien là. « Produire plus et mieux malgré le changement climatique, avec moins d'intrants et sans surface supplémentaire. »

Ainsi, le tracteur autonome permet à l'agriculteur de gagner du temps. De se concentrer sur les tâches à forte valeur ajoutée, plutôt que sur la **conduite d'un tracteur**. En effet, la conduite précise d'un tracteur de forte puissance avec un outil de grande largeur est une tâche exigeante et fatigante. Mais finalement à faible valeur ajoutée. Pourquoi s'en occuper puisque l'électronique est aujourd'hui capable de le faire? De plus, elle le fera de façon plus précise et plus efficace que n'importe quel être humain. Sans oublier qu'elle peut « travailler de jour comme de nuit, 7 jours sur 7. Elle n'a pas besoin de se reposer ».



Le John Deere 8R410 autonome utilise un autoguidage RTK et un système d'analyse de son environnement pour détecter d'éventuels obstacles. (Crédit: John Deere)

Annexe 10 : Rétrofit : un tracteur agricole à hydrogène



Lauréat des Trophées des TP

En 2022, avec l'hebdomadaire Le Moniteur, la Fédération nationale des travaux publics a annoncé les lauréats de sa 8e édition des Trophées de l'innovation des TP. Le tracteur agricole John Deere 6210R converti par [e-Néo](#) pour Charier a été primé le 24 février dernier dans la catégorie « *Sobriété et décarbonation des engins* ». Ce modèle construit entre 2011 et 2014 à l'usine allemande de Mannheim est équipé d'une transmission à 4 roues motrices. Pesant 7 tonnes, l'engin embarque de série un moteur 6 cylindres diesel de 6,8 litres de cylindrée. Alimenté par un réservoir de 455 l, le bloc développe une puissance de 210 chevaux, ou 156,6 kW.

« Nous avons intégré à sa place une batterie d'une capacité énergétique de 48 kWh, et un moteur électrique de 115 kW nominal qui développe un couple maximal de 1 140 Nm. C'est suffisant pour couvrir les besoins du tracteur », nous apprend Jérémie Cantin. Ce dernier est le fondateur de l'entreprise e-Néo. Installée aux Brouzils, en Vendée, cette société très dynamique est spécialisée dans la conversion de véhicules thermiques en électriques à batterie et/ou à pile hydrogène.

Une station sur mesure

« Pour l'avitaillement du tracteur en hydrogène, les entreprises contactées souhaitaient surtout nous vendre une station à 500 000 euros ou à 1 million. À l'exception de la société Europe Technologies [NDLR : Siège à Carquefou (44)] qui nous a proposé une solution intéressante : développer une architecture mobile avec une facturation à la consommation », détaille Arnault Peugniez.

« Nous avons signé avec eux. La station prend place dans un conteneur déposé à notre agence de La Turballe. Elle délivrera de l'hydrogène vert fourni par l'entreprise nantaise Lhyfe à partir de son électrolyseur de Bouin, en Vendée. Un camion transportera chaque semaine le conteneur pour effectuer le plein en hydrogène [NDLR : Distance La Turballe jusqu'à Bouin = 75 km] Cette station dite mobile a cependant nécessité quelques travaux de génie civil. Notamment l'érection de murs d'une certaine hauteur pour la sécurité. Pour le stockage de l'hydrogène, le conteneur abrite une cascade de bouteilles reliées les unes aux autres ».

Annexe 11 : 1er Tracteur au GNV comprimé



Le New Holland T6 Methane Power

Expérimenté depuis de nombreux mois, le premier tracteur au biométhane de New Holland s'apprête à entamer sa commercialisation en Europe.

Révéle en 2019 au salon Agritechnica, le New Holland T6 Methane Power entamera en 2021 sa commercialisation. *« Les essais sur le terrain en sont aux étapes finales. Le tracteur au méthane sera livré à une sélection de clients en Allemagne, en France, en Italie, au Royaume-Uni et au Benelux, en vue de son entrée dans la gamme New Holland plus tard dans l'année »* a fait savoir le constructeur, filiale du groupe CNH Industrial.

Véritable outil de valorisation du biométhane produit à la ferme, le tracteur au gaz de New Holland embarque un moteur NEF de 6.7 l de cylindrée. Développant 180 chevaux de puissance et 740 Nm, il offre une économie à l'exploitation pouvant aller jusqu'à 30 % par rapport à un équivalent diesel.

D'une puissance de 160 chevaux, il peut embarquer 190 litres de biométhane et 270 litres supplémentaires dans un réservoir additionnel à l'avant. Cela lui donne une autonomie de cinq à dix heures en fonction de la puissance requise. Son surcoût à l'achat est de 25 %, compensé ensuite par l'autonomie en carburant.

Le biogaz est purifié en biométhane, odorisé, et nous en prélevons une partie avant l'injection dans le réseau. Nous avons investi 55 000 € dans une station de compression à 300 bar pour le stockage. La réserve correspond au plein du tracteur et d'une à deux voitures. Les agriculteurs et leurs trois salariés roulent tous au bio GNV.

SOLUTION RETROFIT Diesel --> GNVc



La première adaptation d'un tracteur depuis le diesel vers le GNV se fera sur un Claas Celtis 436 qui a plus de 10 ans. Il est équipé d'un moteur John Deere de 4,5 l à 4 cylindres. À terme, l'adaptation sera possible sur plusieurs tracteurs et chariots télescopiques de 70 à 130 ch.

Le Centre de recherche sur les machines thermiques (CRMT) travaille sur l'adaptation au gaz naturel, de moteurs diesel. Les cibles seraient des tracteurs et des chargeurs télescopiques, d'une puissance comprise entre 71 et 130 ch.

