



Bioéconomie : contributions aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et perspectives

Camille Villard

► To cite this version:

Camille Villard. Bioéconomie : contributions aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et perspectives. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03001814

HAL Id: dumas-03001814

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03001814>

Submitted on 12 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année universitaire : 2019 - 2020 Spécialité : ingénieur agronome Spécialisation : POMAR	Mémoire de fin d'études × d'ingénieur de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement ☐ de master de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
---	---

Bioéconomie : contributions aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et perspectives

Par : Camille VILLARD

Soutenu à Rennes le 16/09/2020

Devant le jury composé de :

Président : Philippe LE GOFFE

Maître de stage : Antoine PIERART

Enseignant référent : Catherine LAROCHE-DUPRAZ

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST



Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»

disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

Remerciements

Tout d'abord, je remercie chaleureusement mes deux tuteurs de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise des Energies), Antoine Pierart et Audrey Trévisiol pour m'avoir guidé tout au long de cette mission et fait confiance en me permettant de participer à ce projet. Je les remercie tout particulièrement pour leur aide précieuse tout au long de mon stage et pour leur relecture attentive qui a conduit à ce présent rapport.

Je tiens ensuite à remercier Jérôme Mousset et Emilie Machefaux chefs du Service Forêt Alimentation et Bioéconomie (SFAB) pour leur accueil au sein de la structure, leur disponibilité et leur bienveillance.

Merci à tous les experts du SFAB pour leur accueil très chaleureux sur le site d'Angers, pour leur disponibilité, même dans les conditions difficiles de télétravail. Cela a été un véritable plaisir d'échanger sur des sujets extrêmement variés, et d'apprendre autant de l'expertise considérable concentrée au sein de l'Agence.

Enfin, je souhaite remercier ma directrice de mémoire Catherine Laroche-Dupraz, enseignante-chercheuse au département Economie Gestion et Société à Agrocampus Ouest, pour son accompagnement tout au long de mon stage et ses judicieux conseils qui ont contribué à ma réflexion.

Table des matières

Introduction	1
I. Etat des lieux et cadre de l'étude – Prospective et bioéconomie dans le paysage français et européen	2
A. Qu'est-ce que la bioéconomie ?	2
1. Poids et enjeux du secteur de la bioéconomie	3
2. Une diversité de thématique bioéconomiques	4
B. Le projet prospectif énergie ressource de l'ADEME	6
1. Contexte et objectifs	6
2. Méthode et organisation du projet	7
3. Description macroscopique des scénarios	9
C. La bioéconomie à l'ADEME, à la croisée de nombreux enjeux dans le cadre de l'exercice prospectif	9
II. Méthodologie	12
A. Modélisation des variables et de leurs relations – construction de schémas	12
1. Identification des thématiques de la bioéconomie traitées au SFAB	13
2. Recensement des variables de la bioéconomie et définitions	13
3. Identification des interconnexions et des relations avec les variables hors SFAB	14
4. Elaboration et validation de schémas fonctionnels	15
B. Analyse comparative des scénarios – revue des travaux de prospective	17
1. Etapes préalables à la revue	17
2. Recherche et sélection des travaux pertinents	18
3. Extraction des données pour l'analyse	19
4. Analyse des données et interprétations	21
III. Résultats	21
A. Schémas de variables – Modèle conceptuel de la bioéconomie	21
1. Liste de variables retenues et définitions	21
2. Schématisation	22
B. Analyse comparative des scénarios	27
1. Description globale du corpus	27
2. Points de divergence et convergence entre les démarches spécialisées et multithématiques	28
3. Analyse et comparaison des leviers mobilisés dans les scénarios multithématiques	31
4. La place des scénarios de l'ADEME parmi ceux étudiés	35
IV. Discussion	37
A. Limites et perspectives du travail de modélisation conceptuelle de la bioéconomie	37
B. Discussion autour des enseignements tirés de mon travail d'analyse des travaux de prospective et perspectives	38

C. Approche économique de la bioéconomie et perspectives	39
Conclusion.....	40
Bibliographie	41
Annexes.....	45
Annexe I.1. Schéma conceptuel de la thématique Alimentation	45
Annexe I.2. Schéma conceptuel de la thématique Agriculture.....	46
Annexe I.3. Schéma conceptuel de la thématique Forêt.....	47
Annexe I.4. Schéma conceptuel de la thématique Biocarburants.....	48
Annexe I.5. Schéma conceptuel de la thématique Biomasse Chaleur	49
Annexe II. Modèle conceptuel des facteurs influençant la rénovation des logements en France, travaux d’Albane Gaspard – ingénieure ADEME.....	50
Annexe III. Tableau des experts mobilisés dans le cadre de mon projet.....	51
Annexe IV. Description des variables et concepts associés	52
Annexe V. Partie de la grille d’analyse utilisée lors du processus de revue	53
Annexe VI. Ensemble des fiches d’analyse de tous les scénarios étudiés.....	54

Table des sigles

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise des Energies

AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne

AScA : bureau d'études et de recherche Application des Sciences de l'Action

AVT : Aménagement des Villes et des Territoires

BAU : Business As Usual

BE : Bois Energie

BECCS : Bioenergy for Carbon Capture and Storage

BI : Bois Industrie

BO : Bois d'Oeuvre

CCS : Carbon Capture and Storage

CEP : Centre d'Etudes et de Prospectives

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

DACCS : Direct Air Carbon Capture and Storage

DECD : Direction Economie Circulaire et Déchets

DR : Direction Régionale

EGES : Emissions de Gaz à Effet de Serre

ENR : Energie renouvelable

epe : Entreprises Pour l'Environnement

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental pour l'Evolution du Climat

Gtep : giga tonnes d'équivalent pétrole

IAE : Infrastructures AgroEcologiques

IDDRI : Institut du Développement Durable et des Relations Internationales

IGN : Institut Géographique National

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

LTS : Long Term Strategy

MAA : Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

MAAF : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

PPE : Plan Pluriannuel de l'Energie

SB : Service Bâtiment

SCAR : Standing Committee on Agricultural Research

SCP : Service Consommation et Prévention

SFAB : Service Forêt Alimentation Bioéconomie

SI : Service Industrie

SMVD : Service Mobilisation et Valorisation des Déchets

SNBC : Stratégie Nationale Bas Carbone

SPEM : Service Produits et Efficacité Matière

SRER : Service Réseaux et Energies Renouvelables

STM : Service Transport et Mobilités

TYFA : Ten Years For Agroecology in Europe

UE : Union Européenne

WWF : World Wildlife Fund

Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1. Périmètre et fonctionnement de la bioéconomie durable (Ministère de l’Agriculture, de l’Agroalimentaire et de la Forêt, 2017)	2
Figure 2. Répartition des emplois dans le secteur de la bioéconomie par secteurs en France, en 2018 (Commission Européenne, 2018b)	3
Figure 3. Organigramme simplifié et partiel de l’ADEME représentant les directions impliquées dans le projet de prospective.....	8
Figure 4. Légende et fonctionnement des schémas	15
Figure 5. Fonctionnement de la légende des schémas	16
Figure 6. Les différentes étapes de la méthode de revue suivie	17
Figure 7. Modèle de fiche d’analyse	20
Figure 8. Schéma à l’échelle macroscopique	23
Figure 9. Schéma conceptuel – thématique Produits Biosourcés	26

Liste des tableaux

Tableau 1. Quelques données de la production d’énergie à partir de biomasse en France et en UE, en 2018 (EUROBSERV’ER, 2019)	5
Tableau 2. Description globale des grandes hypothèses structurants les 5 scénarios de l’exercice de prospective de l’ADEME.	9
Tableau 3. Description des 5 scénarios de l’exercice de prospective de l’ADEME, pour le secteur de la bioéconomie	11
Tableau 4. Liste complète des travaux de prospective du corpus et quelques caractéristiques.....	18
Tableau 5. Comparaison des leviers mobilisés dans les travaux européens spécialisés.....	30
Tableau 6. Identification des leviers mobilisés dans les scénarios de l’ADEME à ce stade	35

Introduction

La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), révisée en 2018, dessine le chemin de la transition écologique et solidaire vers une neutralité carbone en 2050, conformément aux objectifs fixés dans l'Accord de Paris. Ce principe de neutralité carbone impose de ne pas émettre plus de gaz à effet de serre que notre territoire peut en absorber via notamment les forêts ou les sols. Face à l'urgence climatique, la SNBC constitue la feuille de route de la France pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (EGES) du territoire, la bioéconomie - ensemble des activités liées à la production, à l'utilisation et à la transformation de bioressources - y apparaît comme un levier majeur à mobiliser pour parvenir à la neutralité carbone. Pour ce faire, en 2017, la France se dote d'une stratégie nationale bioéconomie, présentée par Stéphane Le Foll, ministre de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt de l'époque. La priorité de la stratégie porte alors sur une mobilisation accrue et durable de la biomasse. En 2018, c'est au tour de l'ADEME (sous tutelle du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) et du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation), de décliner sa stratégie pour une bioéconomie durable pour la période 2017/2022 (ADEME, 2018). Elle y définit la bioéconomie durable comme l'ensemble des activités liées à la production, à l'utilisation et à la transformation de bioressources qui sont destinées à répondre de façon durable aux besoins alimentaires et à une partie des besoins matériaux et énergétiques de la société, et à lui fournir des services écosystémiques. La bioéconomie constitue donc un enjeu fort pour le gouvernement. Par ailleurs, en 2019, l'ADEME a initié un travail de prospective autour de quatre chemins imaginés pour atteindre la neutralité carbone de la France à l'horizon 2050, exercice dans lequel la bioéconomie a une place d'importance car elle est identifiée comme un secteur clé pour réduire les EGES de la France et stocker du carbone. Ce travail de prospective d'envergure fournira des éléments factuels pour alimenter les programmes et les débats lors des élections présidentielles de 2022. Il s'agit d'un travail transversal touchant l'ensemble des enjeux traités par l'Agence (villes et territoires, industries, production de biomasse, gestion des ressources et des déchets, énergies renouvelables, préservation du climat et de la qualité de l'air...). Il nécessite un travail préalable d'identification des variables majeures au sein de chaque thématique de la bioéconomie et de leurs éventuelles connexions avec d'autres sujets (du secteur du bâtiment, de l'industrie, des transports...) ainsi qu'une étude de la place que prend la bioéconomie dans les travaux prospectifs des partenaires de l'ADEME. Ce rapport s'inscrit dans ce cadre et vise à alimenter la réflexion sur les contributions de la bioéconomie dans l'atteinte des objectifs carbone de la France et de l'Europe.

L'objectif de ce mémoire est de déterminer quelles sont les contributions de la bioéconomie durable pour atteindre la neutralité carbone en 2050, à différentes échelles.

Tout d'abord, le contexte général de l'étude sera présenté dans la partie I., avec une proposition de définition de la bioéconomie, une présentation de l'état actuel de sa mobilisation dans le paysage français et européen ainsi que la présentation de l'exercice prospectif de l'ADEME. Puis la partie II. présentera la méthodologie suivie. Ensuite, une analyse des résultats obtenus sur la base d'une analyse bibliographique et d'entretiens menés avec les experts des thématiques de la bioéconomie de l'ADEME sera réalisée en partie III. Par la suite, je discuterai la place des scénarios de l'ADEME parmi ceux des partenaires. Enfin, dans une dernière partie, ces résultats seront discutés et les limites et perspectives de cette étude seront soulevées.

I. Etat des lieux et cadre de l'étude – Prospective et bioéconomie dans le paysage français et européen

Le terme de bioéconomie s'est diffusé depuis quelques années dans différentes sphères, en particulier sous l'impulsion de l'OCDE et de la Commission Européenne (Delgoulet and Pahun, 2015). Outre la Commission Européenne en 2012 avec sa stratégie *Innover pour une croissance durable : une bioéconomie pour l'Europe*, une douzaine de pays se sont emparés de la bioéconomie, publiant des stratégies nationales, et définissant des orientations techniques ou politiques, à l'image de la France en 2017 (Commission Européenne, 2012). Si ses fondements restent encore assez flous, la bioéconomie suscite de nombreux espoirs pour la France, par ses perspectives de développement économique et le rôle qu'elle peut jouer dans la transition vers une moindre dépendance aux énergies fossiles.

A. Qu'est-ce que la bioéconomie ?

Tout d'abord, il faut distinguer le terme de bioéconomie de celui de bioéconomie durable.

Selon la définition proposée par l'ADEME dans sa stratégie pour une bioéconomie durable (ADEME, 2018), la bioéconomie durable regroupe l'ensemble des activités liées à la production, à l'utilisation et à la transformation de bioressources qui sont destinées à répondre de façon durable aux besoins alimentaires et à une partie des besoins matériels et énergétiques de la société, et à lui fournir des services écosystémiques (voir Figure 1). Elles ont en commun l'utilisation des ressources et matières premières et secondaires provenant du « monde du vivant », toutes issues de la photosynthèse des plantes et de processus biologiques multiples. Une bioressource est définie comme une ressource d'origine vivante qui provient de l'agriculture, la forêt, l'aquaculture, les biodéchets et qui est utilisée pour produire de l'alimentation (pour nourrir humains et animaux), des énergies renouvelables (méthanisation, bois énergie et biocarburants) ou des produits biosourcés.

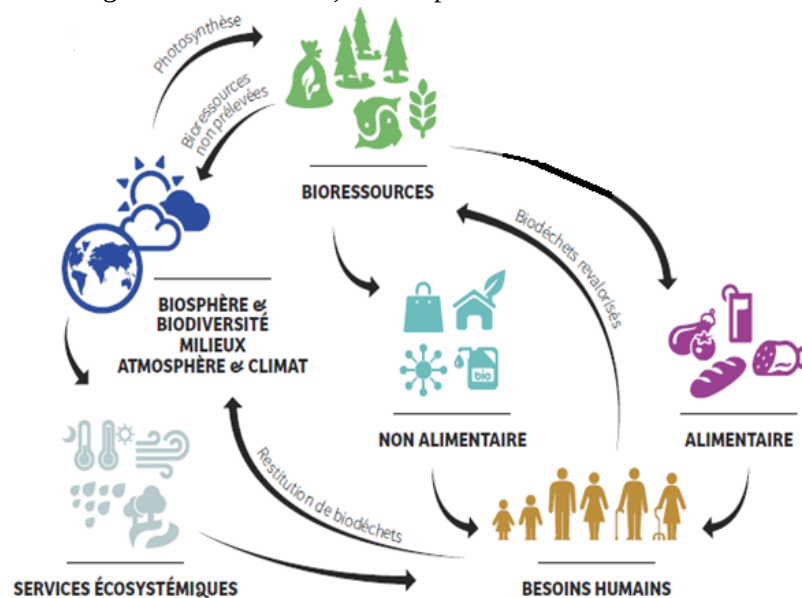


Figure 1. Périmètre et fonctionnement de la bioéconomie durable (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2017)

La France, dans sa stratégie bioéconomie nationale (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2017) met elle aussi en avant une bioéconomie durable. Ici, l'ambition de la bioéconomie durable est de répondre à l'ensemble des défis actuels en regroupant dans une vision systémique l'ensemble des activités de production, d'approvisionnement et de transformation des bioressources, de

valorisation des produits et de solutions issues de celle-ci, et d'entretien des écosystèmes au sein des territoires.

La bioéconomie non durable quant-à-elle se distingue par le fait qu'elle cherche à favoriser au maximum l'emploi de bioressources renouvelables (INRAE, 2019). Elle se définit simplement comme l'ensemble des activités économiques reposant directement sur un usage des ressources biologiques. Elle ne tient pas compte de la notion d'usage durable de la biomasse.

1. Poids et enjeux du secteur de la bioéconomie

a) Poids du secteur de la bioéconomie

D'après l'Observatoire européen de la bioéconomie, le secteur de la bioéconomie emploie près de 17,5 millions d'Européens et représente 614 milliards d'euros en valeur ajoutée en 2018 (Commission Européenne, 2018b). A l'échelle de la France, le poids des filières du vivant est non négligeable puisque le secteur de la bioéconomie emploie 1,72 millions de personnes et représente 103 milliards d'euros.

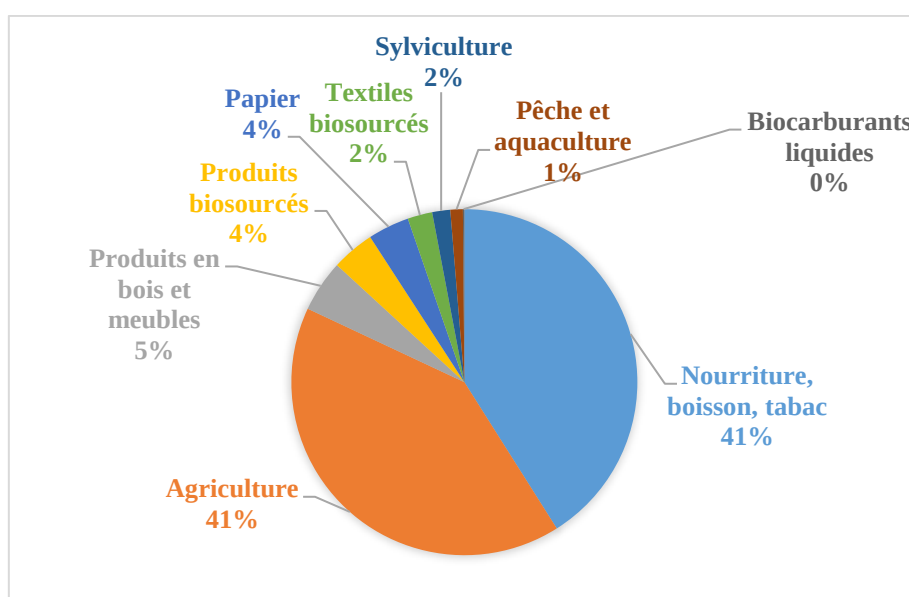


Figure 2. Répartition des emplois dans le secteur de la bioéconomie par secteurs en France, en 2018 (Commission Européenne, 2018b)

Au plan mondial, la collecte de biomasse, évaluée en giga tonnes d'équivalent pétrole (Gtep), unités énergétiques, représentait en 2012 l'équivalent de 5 Gtep dont 1,7 Gtep seraient consacrées à des usages spécifiquement énergétiques, 1,6 Gtep au métabolisme animal, 1 Gtep à la production de matériaux et 0,75 Gtep à l'alimentation humaine (Attali *et al.*, 2012).

b) Enjeux d'une bioéconomie durable et non durable

Comme mentionné précédemment, la bioéconomie durable ne regroupe pas les mêmes enjeux que la bioéconomie non durable.

Pour être viable, productive et qualifiée de durable, la bioéconomie doit s'inscrire dans une logique d'articulation des différents usages des biomasses et de durabilité des processus de production et de transformation. En France, la bioéconomie durable cherche à contribuer à diminuer notre dépendance aux ressources non renouvelables, au développement de la sécurité alimentaire dans le monde, à lutter contre le changement climatique, à préserver les écosystèmes et les milieux naturels ainsi qu'à créer de la valeur économique. Par ailleurs, elle économise des ressources et contribue également à d'autres services écosystémiques : le stockage de carbone, le cycle de l'eau, la biodiversité, la valorisation des

déchets produits par les ménages et les entreprises... (ADEME, 2018). Le chemin est encore long pour atteindre tous ces objectifs, mais ils sont d'ores et déjà pris en compte dans les stratégies publiques françaises. Cependant, toutes ces opportunités sont menacées si la transition vers la bioéconomie se fait seulement pour créer de la biomasse bon marché afin de développer de manière intensive l'industrie de la biomasse. Si la priorité n'est pas donnée à l'alimentation, cela peut conduire à des pressions sur le prix de la nourriture (SCAR, 2015). En effet, les cultures cultivées pour les biocarburants et les bioénergies pourraient prendre une part considérable et croissante de la production agricole à l'avenir, en particulier dans les pays où il n'y a pas de sources d'énergie fossile. Une focalisation excessive sur les utilisations alternatives de la biomasse détournerait l'attention des modèles d'agriculture et de production alimentaire basés sur des objectifs de services de haute qualité, de conservation et la gestion des paysages culturels, de préservation des écosystèmes multifonctionnels, et le soutien aux économies locales basé sur la synergie avec le tourisme (Schmid, Padel and Levidow, 2012), qui sont la clé de l'avantage concurrentiel de nombreuses zones rurales et donnent une identité forte à l'agriculture européenne.

2. Une diversité de thématique bioéconomiques

a) La production de biomasse

La bioéconomie est un enjeu pour les secteurs agricole, forestier et aquacole, susceptibles d'être à la fois fournisseurs de matières premières, mais aussi clients des produits des (bio)technologies mis au point pour leur propre production (organismes génétiquement modifiés, bio-pesticides, etc.). Une des critiques faites à la bioéconomie non durable, dans sa définition centrée sur l'exploitation de la biomasse, tient au fait que l'agriculture y est souvent réduite à un rôle de pourvoyeur d'intrants de l'industrie de transformation (Brunori, 2013). Ce constat peut être étendu à la forêt et à l'aquaculture. Une telle approche ne permet pas de prendre en compte la multifonctionnalité des activités agricoles, forestières et aquacoles. Tenir compte de la « soutenabilité » doit être fait au stade de la production de la biomasse, mais aussi au-delà. Cela rejoint les recommandations faites par les acteurs promouvant une bioéconomie durable (ADEME, SCAR).

La production de biomasse regroupe les secteurs de l'agriculture (dont l'agroalimentaire), de la forêt et de la pêche et l'aquaculture. Près de 90% du territoire national est couvert de forêts et de surfaces agricoles et le secteur agricole, agroalimentaire et la filière bois représentent 2 millions d'emplois en France (ADEME, 2018). Ces secteurs regroupent des enjeux économiques majeurs en termes d'emploi, d'entreprise et de balance commerciale.

b) Les usages de biomasse

La bioéconomie s'adresse à des marchés très divers comme l'alimentation humaine et animale, les matériaux, la cosmétique, la pharmacie, le transport, l'énergie...

(1) L'alimentation

La France est le premier producteur agricole de l'Union européenne. Cette production est principalement destinée à l'alimentation humaine et animale, et à l'exportation ; elle doit avant tout répondre aux besoins alimentaires de la population (ADEME, 2014a). Ce secteur regroupe à la fois l'alimentation humaine et l'alimentation animale. 12% des emplois sont directement liés à l'alimentation en France. Dans un contexte de demande croissante de produits alimentaires, la tension sur la biomasse agricole risque d'engendrer des conflits d'usage qu'il faut gérer au mieux. De plus en plus d'acteurs se saisissent de la question de l'alimentation et tentent de réfléchir à la mise en place d'une alimentation durable qui tient compte des évolutions engendrées par le changement climatique.

(2) La biomasse énergie (la biomasse solide, les biocarburants, le biogaz)

Première source d'énergie renouvelable utilisée en France (la biomasse énergie représente plus de 50% de la production d'énergie renouvelable), la biomasse énergie participe pleinement à atteindre le mix énergétique souhaité par l'Etat (Phan and Plouhinec, 2020). Le terme bioénergie ou biomasse énergie désigne l'énergie produite à partir de matière organique (ou biomasse) et transformée en chaleur, en électricité, en gaz ou en carburant. L'énergie est extraite le plus souvent par combustion de biomasse solide comme le bois énergie (le bois énergie représente 35,2% de la production EnR en France en 2019), par des processus physico-chimiques pour la production de biocarburants (les biocarburants représentent 12,1% des EnR en France en 2018) ou par méthanisation avec le biogaz (3,4% des EnR).

La biomasse solide rassemble l'ensemble des composants solides d'origine biologique destinés à être utilisés comme combustibles. Cela regroupe le bois, les déchets de bois (copeaux, sciures...), les granulés de bois, les liqueurs de l'industrie papetière, la paille, la bagasse, les déchets animaux et autres matières et résidus végétaux solides, y compris la part renouvelable des déchets industriels solides.

Tableau 1. Quelques données de la production d'énergie à partir de biomasse en France et en UE, en 2018 (EUROBSERVER, 2019)

Données 2018	Unité	France	UE
Production d'énergie primaire intérieur brute à partir de biomasse solide*	Mtep	10,23	94,4
Pour production brute d'électricité	TWh	3,8	99,5
- dont centrales électriques uniquement		0,57	44,7
- dont centrales cogénérations		3,2	54,8
Pour production primaire de biogaz	Mtep	0,9	16,8
Pour consommation de chaleur	Mtep	9,3	78,2
Pour consommation de biocarburants destinés aux transports	Mtep	3,1	16,7

*Hors charbon de bois.

Ces données sont à comparer avec la consommation d'énergie primaire en France en 2018, soit 245Mtep (International Energy Agency, 2018). La production d'énergie primaire à partir de biomasse ne représente donc que 4,2 % de la production en France en 2018.

La méthanisation est un autre des secteurs de la bioéconomie. Il s'agit d'un procédé utilisé dans l'agriculture, mais également dans le traitement des biodéchets, celui des boues d'épuration urbaines et de certains effluents industriels par exemple. La méthanisation « rurale » est en plein essor en France : 450 installations sont en fonctionnement et plusieurs centaines sont à l'étude (Couturier *et al.*, 2019). La méthanisation permet le recyclage de la matière organique et le rebouclage des cycles de fertilisation par épandage des digestats aux champs. Ce secteur présente donc de nombreux avantages puisqu'il permet une double valorisation de la matière organique et de l'énergie (sous forme de biogaz). Cela permet aussi de réduire la quantité de déchets organiques à traiter par les autres filières et une diminution des EGES par substitution à l'usage des énergies fossiles et d'engrais chimiques.

Un des principes de la bioéconomie consiste à favoriser au maximum l'emploi de bioressources renouvelables. Cela se traduit de manière privilégiée par la mise en place d'une organisation circulaire de la production agricole. Ce caractère circulaire, propre également à l'économie circulaire, renvoie à la valorisation de coproduits, au recyclage des déchets et à l'optimisation des flux d'énergie et de matière.

(3) Chimie et matériaux biosourcés

Les produits biosourcés pour la chimie et les matériaux sont des produits industriels non alimentaires obtenus à partir de matières premières renouvelables issues de la biomasse (végétaux par exemple) (ADEME, 2020). Les produits biosourcés sont définis comme étant entièrement ou partiellement issus du vivant.

Les produits de première transformation destinés aux secteurs de la chimie et des matériaux constituent un débouché majeur des ressources végétales en France. En 2012, près de 15% de la production française de grands intermédiaires issus des premières transformations de la biomasse (amidon, saccharose, fibres, huiles...), soit 1 651 kt, ont été destinés à l'industrie chimique et à la production de matériaux. Le reste de la production a été utilisé pour des usages alimentaires, énergétiques (biocarburants) et pharmaceutiques (ALCIMED pour le compte de l'ADEME, 2015).

B. Le projet prospectif énergie ressource de l'ADEME

La prospective possède trois caractéristiques essentielles qui, pour une large part, la différencient de la prévision (de Jouvenel, 2003). Tout d'abord, c'est une démarche pluridisciplinaire, d'inspiration systémique. La prospective se propose d'appréhender les réalités au travers de l'ensemble de leurs aspects, de toutes leurs variables, quelle que soit leur nature. Empruntant très largement à l'analyse des systèmes, elle nous invite à considérer les phénomènes à partir d'une étude de l'ensemble des facteurs et de leurs interrelations. Ensuite, c'est une démarche qui intègre la dimension du temps long, passé et à venir. Et enfin, c'est une démarche qui intègre les ruptures et donc qui, au lieu de postuler la permanence du changement, s'efforce de tenir compte des phénomènes de discontinuité et de rupture, subies ou voulues.

Au cours des dernières années, plusieurs scénarios de prospective énergie et/ou ressources (notamment agricole et alimentaire) ont été développés par diverses instances, que ce soit à l'échelle de la France : la vision ADEME 2030-2050 et son actualisation (ADEME, 2014b), le scénario Afterres 2050 conçu par Solagro (Association Solagro, 2016), les scénarios de la Stratégie Nationale Bas Carbone déclinée pour le secteur agricole (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2020) ; à l'échelle de l'Europe : le scénario TYFA développé par l'IDDRI (Poux and Aubert, 2018), la Stratégie Long Terme de l'Union Européenne de la Commission Européenne (Commission Européenne, 2018) ; ou encore à l'échelle mondiale, mais non étudiée dans le cadre de ce mémoire. En 2019, l'ADEME s'est, à son tour, engagée dans un nouvel exercice de prospective dont les caractéristiques sont présentées dans les parties suivantes. La quasi-totalité des travaux prospectifs évoqués ici seront analysés dans la suite de mon mémoire.

1. Contexte et objectifs

Dans le cadre de la SNBC et de la PPE, la France s'est engagée à atteindre la neutralité carbone en 2050. Pour éclairer les chemins pour y parvenir, l'ADEME entreprend un nouvel exercice de prospective, via la construction collective et l'analyse de plusieurs scénarios de transition écologique (énergies et ressources) pour la France : **sobriété, soutenabilité, croissance verte et pari technologique**. Une réflexion sur les transformations et les choix qu'implique cette ambition est aussi menée en comparaison avec un scénario tendanciel : le Business As Usual (BAU). Il est destiné à permettre des comparaisons avec une situation proche de la situation actuelle mais avec les paramètres communs à l'ensemble des scénarios. Il est en effet préférable de comparer les scénarios non pas à la situation actuelle mais à la situation projetée en 2050. La description de ces scénarios cohérents est à la fois quantifiée (modélisation et simulations chiffrées) et qualitative (description d'évolutions qualitatives et mobilisation de données éparses dans des « Storylines »).

Ce travail de prospective d'envergure vise à fournir des éléments factuels pour nourrir les débats de l'élection présidentielle de 2022 et les prochains travaux des troisièmes SNBC et PPE qui seront menés par le nouveau gouvernement (début 2023). Ce projet tire également parti des améliorations envisagées à la suite des exercices Visions 2013, 2017 conduits par l'ADEME et SNBC-PPE 2019 conduits par les ministères avec ses partenaires, dont l'ADEME, ces dernières années. Cet exercice vise également à générer une réflexion prospective stratégique transversale et diffuse dans l'Agence.

Les grands objectifs du projet sont les suivants, d'après le document de cadrage du projet rédigé par le comité de pilotage de l'ADEME :

- Etablir plusieurs scénarios français de Transition Energie-Climat, avec un regard sur la mobilisation des ressources (matières, biomasses, sols), et comprenant un volet à l'échelle régionale.
- Réaliser une comparaison multicritère (notamment technico-économiques) de ces scénarios et des modalités d'atteinte de la neutralité carbone à 2050, des conditions de réalisation et les conséquences, notamment le coût de l'action et de l'inaction.
- Imaginer une rétrospective des tendances, un état des lieux à date (2015) et des trajectoires prospectives, décrites par pas de temps de 5 ans.
- Vérifier la cohérence d'ensemble des scénarios envisagés
 - o Mettre en place un travail collaboratif avec des « pilotes sectoriels » chargés de coordonner les chapitres et de l'analyse correspondante (comme un rapport du GIEC)
 - o Associer des acteurs et experts externes
- Selon les avancées et les moyens disponibles, une prospective stratégique descriptive sur quelques filières, définies en cours d'exercice, à l'horizon 2030 (« Storylines ») combinée à des scénarios quantifiés aux horizons 2030 et 2050 pourrait être menée.

2. Méthode et organisation du projet

Les parties détaillées ci-dessous sont définies par le cahier des charges du projet, par l'ADEME.

Périmètre temporel : Le point historique de 2015 est utilisé comme image quantitative de référence, ce qui permet de partir de données consolidées pour la SNBC-PPE de 2019. Pour chaque scénario, les projections comprennent des dates intermédiaires à un pas de temps de 5 ans, entre aujourd'hui et 2030 (enjeux de court-moyen terme), et entre 2030 et 2050 (enjeux de long terme). Ceci permet de conduire une discussion sur la trajectoire et le tempo de l'action ainsi que les implications de retard ou de reports de l'atteinte des objectifs. Par ailleurs, il est envisagé d'intégrer les dates intermédiaires prévues dans les divers documents de cadrage étatiques (objectifs UE, périodes PPE, budgets carbone, dates des plans sectoriels : mobilité, économie circulaire etc...) pour permettre de situer les scénarios par rapport aux discussions de stratégies sectorielles.

Un éclairage plus lointain (horizon 2100) par exemple, peut être utilisé pour certains secteurs d'études pour lesquels le temps caractéristique des transformations et des stratégies est plus long, ie, la forêt, le stockage de carbone dans les sols, l'urbanisme, le mix électrique...

Périmètre géographique : Les modélisations quantifiées couvrent le territoire de la France métropolitaine. Le contexte européen est toutefois largement pris en compte dans l'exercice. De plus, les variables internationales ayant un impact fort sur le territoire français sont prises en compte dans la démarche autant que possible. Par ailleurs, il est prévu que les chapitres régionaux incluent : des illustrations de prospective territoriale, des éclairages sur les Départements et Régions d'Outre-Mer (à partir des données disponibles dans les Directions Régionales (DR) de l'ADEME), une réflexion

générale sur l’articulation des stratégies territoriales / stratégie nationale mobilisant les données et études disponibles.

Périmètre thématique : Les secteurs étudiés sont similaires à ceux choisis lors des exercices précédents : secteurs bâtiments, transport, agriculture et alimentation, forêt, industrie et énergie. La nouveauté de cet exercice est une approche plus globale des scénarios de transition écologique, intégrant notamment les questions de ressources : matières premières métalliques et non métalliques, énergies, matières transformées ainsi que sur les sols (usages des sols, artificialisation, stockage du carbone). Les scénarios quantifiés vont inclure, in fine, une description des déterminants sectoriels des évolutions énergétiques et des ressources (évolution des usages et des besoins, changements techniques et technologiques, évolution des énergies utilisées), des émissions de GES -Gaz à Effet de Serre- (CO₂ et a minima CH₄ et N₂O), des besoins et des usages de ressources (matières, sols...) et de la demande et la production d’énergie.

Gouvernance : Pour entreprendre cet ambitieux exercice multisectoriel, le cas de l’ADEME est adéquat puisque l’Agence bénéficie en interne de diverses expertises relatives à la transition écologique. Celles-ci sont réparties de façon assez diffuse au sein de l’Agence, au niveau des directions et des services, comme illustré ci-dessous.

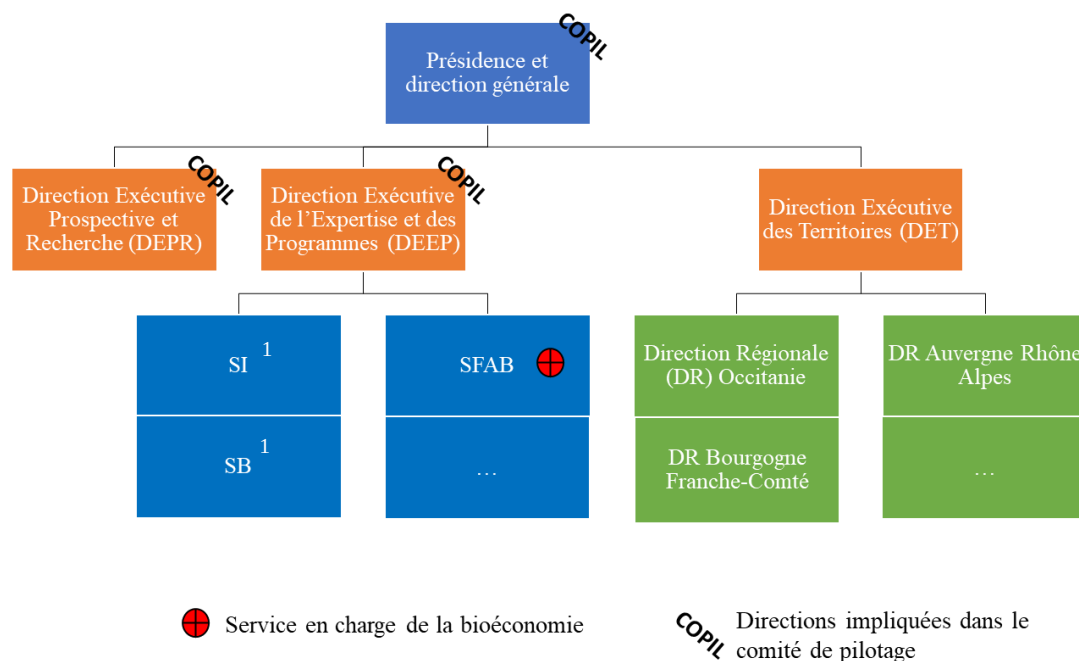


Figure 3. Organigramme simplifié et partiel de l’ADEME représentant les directions impliquées dans le projet de prospective¹
Source : auteur

En plus du comité de pilotage, l’étude est pilotée par une équipe projet constituée des coordinateurs ainsi que des référents prospective de chaque service (une à deux personnes par service ; au SFAB, il s’agit d’Antoine Pierart et de Audrey Trévisiol). Composée d’une quinzaine de personnes, cette équipe permet de mobiliser l’expertise et les données pertinentes de façon transversale.

Construction des scénarios et modélisation : Ces scénarios sont construits sur la base de la méthode des scénarios qui est « une démarche synthétique qui simule pas à pas, d’une manière plausible et cohérente, une suite d’événements conduisant un système à une situation future, et qui présente une image d’ensemble de la situation » (Julien *et al.*, 1975). Le cadrage initial des scénarios est inspiré des quatre

¹ SI : Service Industrie / SB : Service Bâtiment

grandes familles de scénarios du rapport 1,5°C du GIEC (GIEC, 2018) ce qui a permis de guider la réflexion à partir d'archétypes de scénarios et d'inscrire ceux de l'ADEME dans un contexte international. Je ne détaillerai pas davantage la suite du processus de cadrage des scénarios car il fait appel à des méthodes de construction et de modélisation très complexes et utilisant de nombreux concepts sortant du cadre de l'étude de ce mémoire. Pour plus d'information sur le travail de construction des scénarios voir le rapport de Nicolas Castel (section 2.3 « Processus de construction des scénarios... », à partir de la page 22), stagiaire à l'ADEME dans le cadre d'une thèse professionnelle pour le mastère spécialisé Politiques et Actions Publiques pour le Développement Durable (Castel, 2020).

3. Description macroscopique des scénarios

Tableau 2. Description globale des grandes hypothèses structurants les 5 scénarios de l'exercice de prospective de l'ADEME.
Source : ADEME

Intitulé des scénarios	4 scénarios de neutralité carbone				
	S0 BAU - Scénario tendanciel	S1 Sobriété	S2 Soutenabilité	S3 Croissance verte	S4 Pari technologique
Logiques et forces motrices principales	Poursuites des tendances à l'œuvre. Prise en compte des mesures actées si elles sont accompagnées de moyens.	Evolution pilotée par la demande. Baisse des volumes et de la consommation. Sobriété choisie et subie.	Evolution concertée offre et demande. Coconstruction et diversification. Sobriété choisie.	Evolution d'abord par l'offre. Offre décarbonée et renouvelable, puits de carbone biologique surtout.	Offre et demande peu contraintes. Capture et stockage de carbone.

Ainsi, le projet de prospective est très global et tient compte de l'évolution de nombreux secteurs. Cet exercice touche l'ensemble des enjeux traités par l'Agence (villes et territoires, industries, production de biomasse, gestion des ressources et des déchets, énergies renouvelables, préservation du climat et de la qualité de l'air...) et met en lumière, entre autres, la multiple contribution de la bioéconomie. Ce mémoire prend part à ce travail en se concentrant spécifiquement sur les contributions de la bioéconomie pour l'atteinte des objectifs de neutralité carbone.

La partie suivante s'intéresse plus particulièrement à la place de la bioéconomie au sein de l'ADEME et dans l'exercice de prospective.

C. La bioéconomie à l'ADEME, à la croisée de nombreux enjeux dans le cadre de l'exercice prospectif

Comme mentionné en introduction, l'ADEME, notamment par un travail de concertation des experts du SFAB, a élaboré sa propre Stratégie pour une bioéconomie durable pour la période 2017-2022 (ADEME, 2018) dans laquelle elle développe trois axes d'intervention prioritaires :

- 1) La gestion durable des sols, des systèmes agricoles et forestiers.
- 2) Le développement des systèmes alimentaires durables.
- 3) Le soutien aux produits biosourcés durables.

En plus de ces trois axes, l'ADEME traite le programme du Fonds Chaleur : ce dernier contribue au développement de la production renouvelable de chaleur ; il est destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises.

Depuis 2017, la plupart des secteurs de la bioéconomie sont gérés par un unique service à l'ADEME, le **Service Forêt Alimentation et Bioéconomie (SFAB)**, au sein duquel je réalise mon stage. La place du SFAB au sein de l'ADEME laisse déjà présupposer de nombreuses connexions de la bioéconomie avec les autres secteurs de l'agence. Les missions du SFAB visent, en particulier, à développer la bioéconomie au service de la transition écologique et énergétique et à valoriser la biomasse notamment sous la forme de chaleur pour l'industrie. Néanmoins d'autres services de l'ADEME sont aussi impliqués sur le sujet, comme le SMVD (Service Mobilisation et Valorisation des Déchets) qui traite le sujet de la méthanisation.

Au sein du SFAB, la réflexion prospective est organisée selon 4 thématiques principales :

- **L'alimentation**
- **L'agriculture**
- **La forêt**
- Et les usages non alimentaires de la biomasse, qui peuvent être découpés en 3 sous-thématiques : **les biocarburants, les produits biosourcés et la chaleur biomasse.**

Cependant, toutes ces thématiques sont très fortement interconnectées et liées aux autres secteurs de la prospective, ce qui complexifie l'exercice. Au niveau de la production, pour le SFAB, sont concernés les secteurs de l'agriculture et la sylviculture. En ce qui concerne les débouchés (ou usages en cascade de la biomasse produite) les thématiques traitées par le SFAB sont multiples : alimentation (humaine et animale), matériaux et produits biosourcés (construction (bois et dérivés bois + bétons biosourcés + isolants), colles, composites, détergents, encres, lubrifiants, peintures, cosmétiques, plastiques), énergie (biocarburants, bois-énergie avec production de chaleur et électricité). En plus de la méthanisation et de la production aquacole et la pêche, d'autres thématiques de la bioéconomie ne sont pas directement traitées par le SFAB comme divers usages des produits biosourcés ou encore les biodéchets.

Description des scénarios pour chaque thématique de la bioéconomie :

Le Tableau 3 ci-dessous présente les hypothèses majoritaires faites par scénario par les experts du SFAB. Ces scénarios reposent sur des hypothèses qui portent à la fois sur la demande et sur la production. Côté demande, la question est abordée sous l'angle de l'alimentation et des échanges extérieurs, et de manière secondaire sous celui de la demande en bioénergies. Les régimes alimentaires vont d'un régime très végétal, à un régime voisin du régime actuel. Côté production, les scénarios combinent des éléments de progrès technique, d'innovation agronomique et de changement de modèle sociotechnique dans des proportions variables. Les systèmes de production évoluent dans chacun des scénarios, mais en proportion variable.

Il faut garder en tête que les scénarios sont en cours d'élaboration et que certaines hypothèses peuvent encore évoluer².

² Actuellement, l'entreprise associative d'ingénierie Solagro est chargée (car établissement d'une convention avec l'ADEME) de faire tourner un modèle d'équilibre agricole MoSUT à partir (1) des hypothèses établies par les experts du SFAB et (2) de son expertise interne, pour chaque scénario.

Tableau 3. Description des 5 scénarios de l'exercice de prospective de l'ADEME, pour le secteur de la bioéconomie
Source : ADEME - SFAB

	BAU	S1 Sobriété	S2 Soutenabilité	S3 Croissance verte	S4 Pari technologique
Alimentation	Baisse tendancielle des protéines animales, remplacées par des protéines végétales	Régimes adaptés aux besoins et très végétalisés Forte connexion alimentation / agriculture Limitation des aliments importés	Régimes alimentaires plus équilibrés Approches territoriales renforcées	Régimes (tendance mais régulation santé) Aliments préparés Emergence de nouvelles protéines (alimentation animale)	Peu de modération alimentation mais régulation santé probable Déconnexion alimentation / agriculture Nouveaux aliments
Agriculture	Développement modéré des systèmes AB et agroécologiques	Développement de l'AB ++ et de l'agroécologie. Sobriété à l'échelle nationale.	Développement de l'AB + et de l'agroécologie +. Autonomie des exploitations à l'échelle territoriale (déplacement des productions)	Agroécologie +++. Optimisation technique des systèmes. Territoires spécialisés.	Optimisation technique/techno des systèmes (agriculture de précision). Filières spécialisées et productives.
Forêt	En cours... ?	Maintien (ou légère réduction) du volume récolté, diminution du taux de prélèvement	Maintien du taux de prélèvement.	Dynamisation de la sylviculture, augmentation du taux de prélèvement.	Dynamisation de la sylviculture, augmentation du taux de prélèvement. Plantations résineuses.
Usages non alimentaires de la biomasse	Globalement, conforme aux politiques publiques et rythme de progression actuel	Consommation stable. Des produits peu transformés.	Augmentation de la consommation. Des produits peu transformés.	Forte augmentation de la consommation. Des produits transformés.	Très forte augmentation de la consommation. Des produits ultra transformés.

Les quatre scénarios peuvent globalement être résumés de la sorte :

- **Le scénario Sobriété** vise à maximiser l'économie des ressources naturelles – espace, énergie – et la réduction des impacts sur l'environnement. Les décisions sont prises au niveau local et les territoires jouent un rôle important. La division par trois de la consommation de viande joue un rôle majeur. Une généralisation de l'agriculture biologique est observée tout en convertissant plusieurs millions d'hectares en milieux naturels peu anthropisés.
- Le **scénario Soutenabilité** repose lui aussi sur un changement de régime alimentaire, mais moins ambitieux que dans le scénario sobriété, avec une division par deux de la consommation de viande et 70% d'agriculture biologique. Il s'appuie sur une évolution pilotée par davantage de coopération et cadrée par une régulation environnementale forte. Il met en avant la notion d'Etat Stratège.
- Le **scénario Croissance verte** peut se lire comme un scénario intermédiaire entre Soutenabilité et Pari technologique. La consommation de viande est réduite d'un tiers, la production agricole se partage à égalité entre agriculture biologique et production intégrée.

- Le **scénario Pari technologique**, à l'inverse, ne suppose pas de changement majeur de comportement, tout au plus un recours limité aux protéines alternatives (10% de viande de synthèse ou autres). L'ensemble des solutions techniques est mobilisé, allant du numérique à la génétique. Ce scénario propose un recours important à la production de protéines alternatives pour l'alimentation des volailles et de l'aquaculture. Il suppose la mondialisation, le consumérisme et le matérialisme et met l'accent sur la spécialisation des filières.

La description faite dans cette première partie visait à situer le contexte de mon projet de manière plus globale et à amorcer l'idée selon laquelle la bioéconomie est un secteur complexe, divisée en plusieurs thématiques toutes liées les unes aux autres dans le cadre de l'exercice prospectif de l'ADEME.

La partie méthodologie qui suit illustre le cheminement et les étapes pour répondre à la problématique suivante : quelles sont les contributions de la bioéconomie durable pour atteindre la neutralité carbone en 2050, à différentes échelles ?

Le contenu de ce mémoire répond au besoin du SFAB de répertorier toutes les variables du secteur de la bioéconomie durable et de comprendre leurs liens avec les autres secteurs de l'exercice de prospective afin d'intégrer celles (variables et relations) qui peuvent influencer les contributions de la bioéconomie dans l'exercice de prospective de l'ADEME (pour réduire les EGES et/ou stocker du carbone, et donc atteindre la neutralité carbone). Les premiers résultats obtenus montrent comment se hiérarchisent les différentes thématiques de la bioéconomie entre-elles et avec les autres secteurs économiques et quelles sont les variables clés à mobiliser pour que la bioéconomie durable prenne une place importante dans la réduction des EGES. Par ailleurs, le cahier des charges de mon projet stipule qu'il faut dégager des enseignements des travaux de prospective réalisés par les autres organismes. J'ai fait le choix de réaliser une étude analytique et comparative des différents travaux de prospective, dans le but de comprendre la place que peut jouer la bioéconomie dans un scénario prospectif de réduction des EGES ou d'atteinte de la neutralité carbone.

II. Méthodologie

Pour répondre à la problématique, le travail a été découpé en deux missions interconnectées, dont la méthode s'est basée sur un travail bibliographique et la réalisation d'entretiens avec les experts de l'ADEME. D'une part, pour comprendre les relations d'interdépendances entre les variables, j'ai mené un travail de modélisation de la bioéconomie (limitée aux thématiques de la bioéconomie traitées au SFAB). En parallèle, pour identifier les leviers activés dans les différents exercices de prospective des partenaires, sur la base d'un travail bibliographique, j'ai réalisé une revue et une analyse des travaux existants pour en faire ressortir des points de convergence, de divergence, et les situer par rapport aux scénarios que développe l'ADEME.

A. Modélisation des variables et de leurs relations – construction de schémas

Le but de cet exercice est de réaliser une modélisation conceptuelle de la bioéconomie au SFAB regroupant l'ensemble des variables de notre système (variables clés et secondaires), leurs interconnexions, et leurs relations avec les variables des autres secteurs de l'ADEME. Ce travail a pour ambition d'alimenter les réflexions de l'ADEME dans la construction de ses scénarios en fournissant une vision plus exhaustive des variables liées à la bioéconomie afin de pouvoir appréhender toutes les relations entre variables à prendre en compte pour faire des hypothèses sur l'offre et la demande de biomasse. Ces représentations pourront aussi aider à concevoir les stratégies de filières et les trajectoires d'adaptation.

Pour construire, in fine, des schémas conceptuels des thématiques de la bioéconomie, je me suis principalement appuyée sur une étude de la bibliographie et sur des entretiens non directifs menés avec les experts de l'ADEME. Plusieurs étapes se sont enchaînées :

- L'identification des thématiques de la bioéconomie traitées au SFAB.
- Le recensement des variables internes bioéconomie.
- La description des variables.
- L'identification des interconnexions et des variables des autres secteurs de l'exercice de prospective liées à nos variables internes : les variables externes ainsi que des paramètres externes.
- La réalisation de schémas numériques (selon différentes granulométries).
- Une discussion finale avec les experts pour valider les productions.

→ Pour une question de lisibilité, due à la limitation du logiciel utilisé et du formatage du rapport, seuls les schémas les moins denses ont été insérés dans le corps du mémoire. Tous les schémas produits sont consultables en annexe en faible définition, et auprès de l'ADEME.

1. Identification des thématiques de la bioéconomie traitées au SFAB

Cette première étape s'est appuyée sur des discussions avec les experts du service ainsi que sur l'étude de la stratégie nationale bioéconomie et de la stratégie de l'ADEME pour une bioéconomie durable (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2017 ; ADEME, 2018). Elle consistait à identifier les sous-secteurs de la bioéconomie d'intérêt traités au SFAB.

2. Recensement des variables de la bioéconomie et définitions

Dans un deuxième temps, il s'agissait de recenser toutes les variables de la bioéconomie traitées au SFAB (à la fois **les variables clés**, et **les variables secondaires**). Il faut parvenir à un degré de décomposition du système qui permette d'éviter à la fois les variables trop agrégées et un nombre de variables tellement important que l'étude en deviendrait impossible. De nombreux auteurs recommandent de garder moins de 25 variables clés au maximum (Godet, 2007 ; Lamblin, 2017) .

Pour parvenir à cette liste, la première étape consistait à identifier **les variables internes** de toute nature, qui exerçaient ou étaient susceptibles d'exercer une influence sur le système étudié (= la bioéconomie au SFAB). D'après la définition du manuel de prospective (Godet, 2007), les variables internes sont celles qui caractérisent le système faisant l'objet de l'étude, ici les variables de la bioéconomie pour lesquelles les experts du SFAB peuvent faire varier la valeur d'un scénario à l'autre. J'ai dressé une liste de variables la plus exhaustive possible, à partir d'une analyse bibliographique, de l'étude des productions du groupe prospectif de l'ADEME, ainsi que des travaux d'Albane Gaspard (ingénieure au Service Bâtiment de l'ADEME) sur le modèle conceptuel des facteurs clés de la rénovation des bâtiments (Annexe II.). Je me suis intéressée à la fois à des variables quantitatives et qualitatives. Puisque les thématiques de la bioéconomie avaient déjà été identifiées, j'ai classé les variables en fonction des thématiques dans lesquelles elles avaient une influence (alimentation, forêt...). En effet, très rapidement, il a été indispensable de diviser les variables selon leur thématique, et de les traiter séparément tout en garantissant les connexions entre ces thématiques. J'ai alors fait le choix de réaliser six schémas différents, un pour chaque thématique et donc d'appliquer la méthode qui suit pour chacun des schémas.

La seconde étape consistait à hiérarchiser l'ensemble de ces variables afin d'éliminer celles ayant une influence très faible sur le système ou de regrouper les variables très proches sous un intitulé plus global. J'ai ainsi nourri la collecte et la hiérarchisation de ces variables via des **entretiens non directifs** avec les experts de chaque thématique au SFAB (voir Annexe III. pour la liste des experts consultés). Après

leur avoir envoyé la liste de variables de leur thématique, je posais la question suivante : quelles sont, à votre avis, les variables de votre thématique qui vont conditionner l'évolution de la bioéconomie et son importance dans l'exercice de prospective ? Quelles sont selon vous les variables secondaires parmi celles que j'ai identifiées ?

L'étape de description des variables était indispensable pour la bonne compréhension du sujet et la suite du travail. J'ai procédé à l'explication détaillée de chaque variable, ce qui permet de garder en mémoire tout ce qui est sous-entendu dans le libellé d'une variable. Sans la création de ce langage commun, la réflexion sur les variables et leurs relations serait impossible (Godet, 2007). La liste des variables clés définies est en Annexe IV.

3. Identification des interconnexions et des relations avec les variables hors SFAB

Cette étape consiste à analyser les interrelations entre les variables et les relations avec les variables hors du système bioéconomie ayant un lien avec les variables définies au préalable. Jusque-là, le travail consistait à identifier seulement les variables traitées au SFAB. Dans cette étape, j'ai élargi le champ de recherche puisque je me suis intéressée à toutes les variables de la prospective pouvant influencer la bioéconomie, c'est-à-dire aux variables et paramètres externes. J'ai considéré qu'ils s'agissaient de variables externes puisque les experts du SFAB n'ont pas de prise dessus. La notion de variable externe regroupe ici deux types de variables :

- Les variables pilotées par les autres services de l'ADEME, mais qui influencent celles internes au SFAB. Des dialogues intersectoriels ont régulièrement eu lieu afin d'ajuster les hypothèses sur chaque variable de façon cohérente pour l'ensemble des services concernés. De fait, le SFAB a pu parfois participer de loin à certains ajustements sur ces variables externes.
- Les variables sur lesquelles l'ADEME n'a aucune marge de manœuvre (les experts devront s'adapter à leurs évolutions), que j'ai appelé **paramètres externes**, mais qui vont impacter et/ou participer à définir le cadre du travail prospectif de l'Agence. Ces paramètres caractérisent l'environnement explicatif général du système étudié, dans ses aspects démographiques, politiques, économiques, technologiques, sociaux etc...

Cette étape a été réalisée sur la base d'un travail bibliographique, de l'étude des divers documents du projet prospectif visant à assurer la cohérence des données d'un service à l'autre, ainsi que sur la base d'entretiens menés avec les experts. Après leur avoir envoyé une première ébauche des connexions de leurs variables avec les variables des autres thématiques du SFAB et secteurs de la prospective, je posais les questions suivantes :

- Les liens identifiés sont-ils primordiaux pour expliquer les évolutions et connexions de vos variables ?
- Voyez-vous d'autres secteurs liés à votre thématique ? Si oui, quelle(s) sont les variable(s) à considérer ?
- Ce niveau de décomposition des variables est-il nécessaire pour disposer d'une vision claire et globale de votre thématique et de ses liens avec les autres thématiques et secteurs ?
- Quels paramètres externes influencent spécifiquement les variables de votre thématique ?
- Quels paramètres externes influencent de manière générale les contributions de la bioéconomie à l'objectif de réduction des EGES de la France ?

A l'issu de cette étape, j'avais identifié des **variables internes (clés et secondaires)**, des **variables externes ainsi que des paramètres externes**.

4. Elaboration et validation de schémas fonctionnels

Lors de cette étape, le but était de construire des schémas fonctionnels pour chaque thématique, qui regrouperaient toutes les variables identifiées au préalable et leurs relations de dépendance. Les schémas ont été réalisés avec le logiciel X-mind, un outil de cartographie virtuelle (version XMind 8 Update 8). J'ai réalisé 2 types de schémas :

- Un schéma à l'échelle macroscopique, qui présente les variables clés internes et externes et modélise leurs principales connexions, ainsi que les paramètres externes.
- Différents schémas centrés sur une des thématiques de la bioéconomie qui illustrent les connexions entre les variables internes de la thématique et toutes les autres variables et paramètres externes influençant celle-ci.

Chaque schéma représente **un modèle avec ses variables d'entrée, de sortie et les paramètres externes** influençant spécifiquement la thématique traitée. Ici, j'entends par variable d'entrée : toute variable dont les experts de la thématique ont besoin pour faire tourner leurs modèles. Ces variables peuvent être définies par les experts de la thématique eux-mêmes, ou alors obtenues par les experts des autres secteurs (directement ou via des échanges inter-secteurs). Une variable de sortie est obtenue après avoir fait tourner les modèles, elle peut être quantitative ou qualitative. Une variable peut être une variable d'entrée pour l'un des modèles et une variable de sortie pour un autre. Je souhaite préciser que le travail de l'Agence se construit sans définition initiale de l'offre ou de la demande et qu'ainsi, ce ne sont pas des entrées et des sorties qui figurent sur les schémas mais bien des portes et chemins qu'il est possible de suivre dans un sens ou l'autre en fonction des échanges entre les experts.

Enfin, ces schémas ont été retravaillés avec les experts, lors de nouveaux entretiens.

Les schémas fonctionnent de la sorte (Figure 4 et Figure 5):

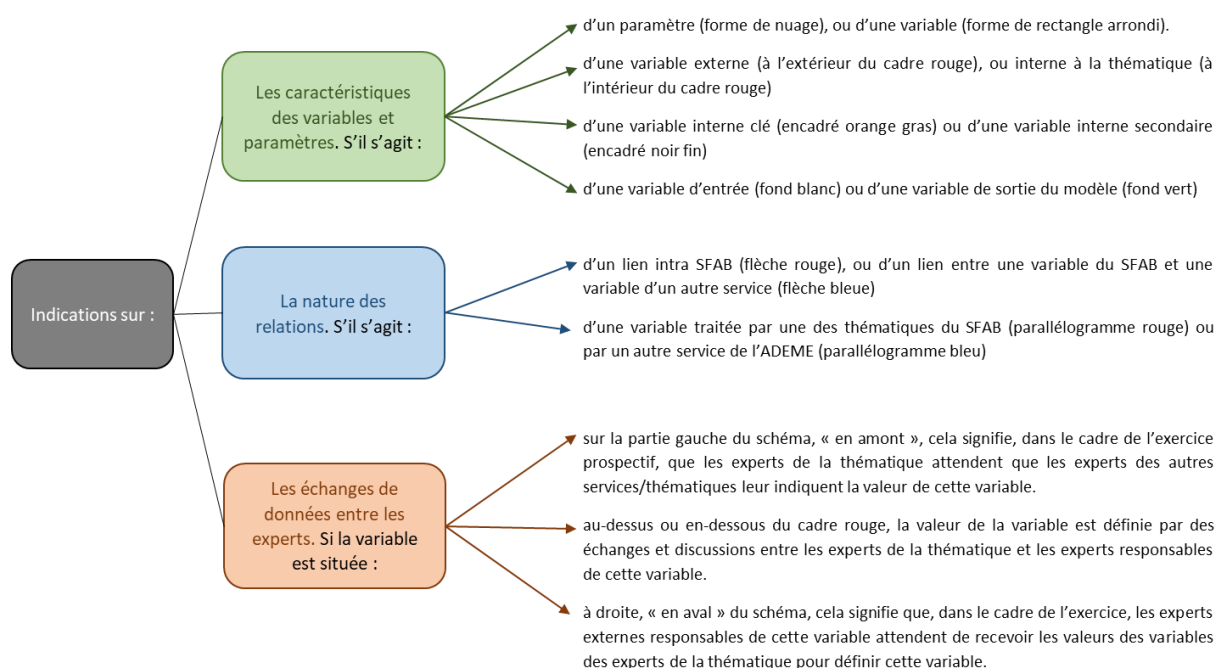


Figure 4. Légende et fonctionnement des schémas

Source : auteur

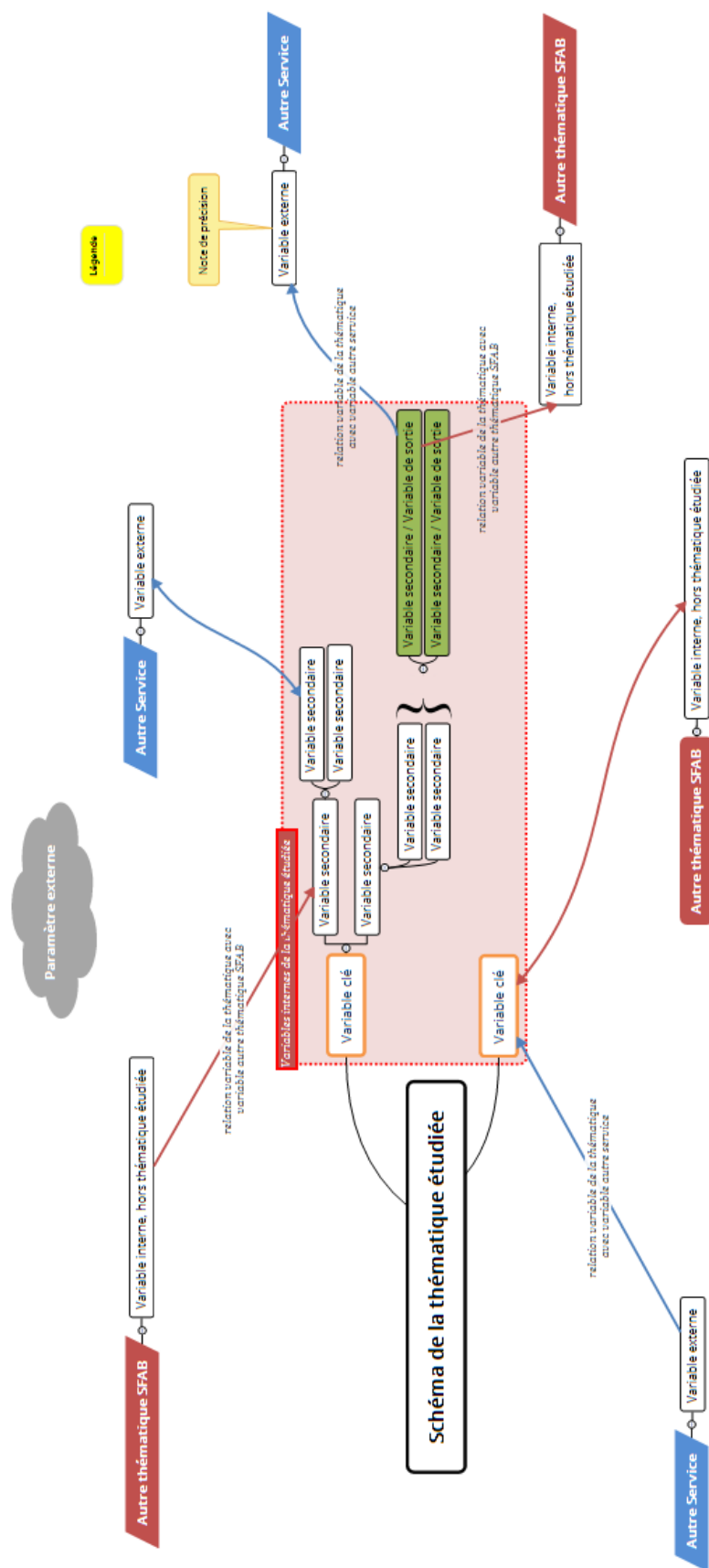


Figure 5. Fonctionnement de la légende des schémas
Source : auteur

B. Analyse comparative des scénarios – revue des travaux de prospective

Afin de répondre aux objectifs visés par cette analyse des scénarios issus des travaux de prospective intégrant une réflexion sur la contribution de la bioéconomie dans l'atteinte des objectifs de réduction des EGES, j'ai adopté ici une démarche inspirée du processus de revue narrative, mais aussi de quelques étapes et objectifs de la méthodologie de revue systématique (notamment la méthode de Cochrane)³. La revue narrative est une revue de littérature de base. Elle cherche à identifier les connaissances « portant sur un sujet précis, recueillies à partir de la littérature pertinente sans processus méthodologique systématique, explicite, d'obtention et d'analyse qualitative des articles ».

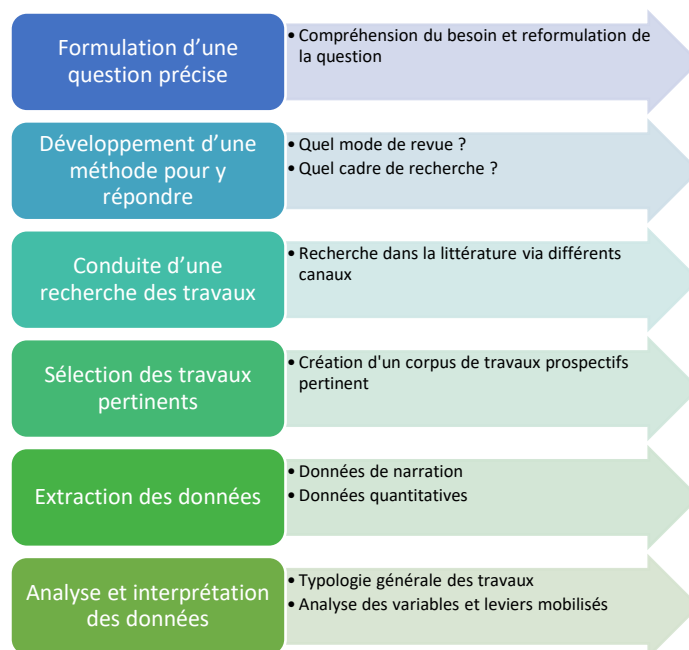


Figure 6. Les différentes étapes de la méthode de revue suivie

Source : auteur

Au-delà de la sélection des travaux pertinents à prendre en compte dans l'analyse, la démarche suivie vise à une lecture critique des scénarios et à une analyse comparative, en vue de mettre en lumière les points de convergence et de divergence sur la contribution potentielle de la bioéconomie dans la transition.

La démarche s'est appuyée sur différentes étapes, résumées dans la Figure 6.

1. Etapes préalables à la revue

Le but de l'étude : Les questions qui se posent dans le cadre de cette étude sont les suivantes : quelle place est laissée à la bioéconomie dans les scénarios européens et français de réduction des EGES ou d'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050 ?

La méthode : 1. Synthèse narrative de toutes les études 2. Méta-analyse de certains travaux. Conformément aux recommandations du guide méthodologique de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux au Québec (Renaud, Martin and Dagenais, 2013), cette première méta-analyse des résultats quantitatifs a été réalisée sur les travaux ayant de nombreuses caractéristiques communes et présentant un nombre suffisamment important de données quantitatives.

Définition du cadre de recherche : La sélection des travaux à inclure dans l'analyse est basée sur des critères précis. J'ai fait le choix de ne m'intéresser qu'aux travaux prospectifs qui construisaient une ou plusieurs trajectoires possibles pour parvenir au développement d'une bioéconomie durable et/ou la diminution des EGES ou à la neutralité carbone, en traitant au moins une thématique de la bioéconomie. Il s'agissait de repérer les prospectives :

- Récentes (moins de 10 ans)

³ La revue systématique utilise une méthodologie rigoureuse, pour recueillir et analyser les travaux portant sur un sujet particulier (Bilotta, Milner and Boyd, 2014). Sa portée et ses exigences méthodologiques font en sorte que sa réalisation requiert l'implication de divers intervenants et un temps d'application significatif. Pour ces raisons je n'ai pas pu suivre la démarche de revue systématique en entier mais je m'en suis fortement inspirée.

- Pertinentes du point de vue de leur contenu, c'est-à-dire traitant au moins une thématique de la bioéconomie (alimentation, agriculture, forêt, produits biosourcés, biocarburants ou usage biomasse chaleur). La bioéconomie pouvait constituer un secteur moteur pour l'atteinte des objectifs énoncés dans la prospective ou simplement un ensemble de thématiques impactées par les scénarios envisagés.
- Produisant un ou plusieurs scénarios
- Dont l'horizon temporel était compris entre 2030 et 2050
- A l'échelle spatiale de la France ou de l'Europe

Par ailleurs, j'ai fait le choix, pour certains travaux touchant à de nombreux secteurs de la prospective, de ne traiter que les données en lien avec le secteur de la bioéconomie. En effet, le sujet de mon stage porte spécifiquement sur le lien entre bioéconomie et prospectives et pas sur tous les secteurs de la prospective. Par exemple, les données concernant les secteurs de l'industrie et du bâtiment n'étaient extraites et analysées que si elles impactaient directement l'une des thématiques de la bioéconomie.

2. Recherche et sélection des travaux pertinents

Sur la base d'une recherche dans la littérature, j'ai tout d'abord recensé les travaux prospectifs entrant dans notre cadre d'étude. Plusieurs moyens ont été sélectionnés, à partir d'un guide méthodologique sur les normes de production des revues systématiques (Renaud, Martin and Dagenais, 2013), pour la recherche des travaux : recherche sur le Web, examen de la liste des études pertinentes déjà repérées par d'autres travaux de revue systématiques, recherche de citation à partir d'articles clés déjà repérés...

Après analyse des travaux identifiés (23 travaux), j'ai pu réduire le corpus à **10 travaux** répondant aux critères précédents et qui présentent 17 scénarios dont la liste complète se situe dans le Tableau 4.

Tableau 4. Liste complète des travaux de prospective du corpus et quelques caractéristiques
Source : auteur

Titre	Auteur	Horizon géographique des scénarios	Nombre de scénario étudiés	Références
A Clean Planet for all: A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy	Commission Européenne	Europe	2	Commission Européenne (2018a) <i>A Clean Planet for All : A European Long-term Strategic Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy</i> . Bruxelles
Afterres2050	Association Solagro	France	1	Association Solagro (2016) <i>Afterres2050</i> . Association Solagro, p. 96.
AGRI2050	CGAAER. Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux	France	4	CGAAER (2020) <i>AGRI 2050, Une prospective des agricultures et des forêts françaises à l'horizon 2050</i> . 18066, p. 198

NégaWatt	Association NégaWatt	Europe	1	Association négaWatt (2017) 'Scénario négaWatt 2017-2050. Dossier de synthèse'. Association négaWatt (2018) 'Scénario négaWatt 2017-2050. Hypothèses et résultats'.
Net-Zero Agriculture in 2050: How to get there	IEEP. Institute for European Environmental Policy	Europe	2	IEEP (2019) <i>Net-Zero Agriculture in 2050 : How to get there</i> , p. 23. Climact (2018) <i>Net Zero by 2050 : From wether to how</i> , p. 35.
Pulse Fiction	WWF. World Wildlife Fund	France	1	WWF (2019) <i>Pulse Fiction, pour une transition agricole et alimentaire durable</i> .
Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy	SCAR. Standing Committee for Agricultural Research	Monde	3	SCAR (2015) 'Sustainable agriculture, forestry and fisheries in the bioeconomy: a challenge for Europe : 4th SCAR foresight report.'
TYFA (Ten Years For Agroecology)	IDDRI / ASca. Institut du Développement Durable et des Relations Internationales / bureau d'études et de recherche Application des Sciences de l'Action	Europe	1	Poux, X. and Aubert, P.-M. (2018) 'Une Europe agroécologique en 2050 : une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine. Enseignements d'une modélisation du système alimentaire européen', <i>IDDRI-ASca</i> , (Study N°09/18), p. 78.
TYFA-GES (pour Gaz à Effet de Serre)	IDDRI / ASca	Europe	1	Schwoob, M.-H., Aubert, P.-M. and Poux, X. (2019) 'Agroecology and carbon neutrality in europe by 2050: what are the issues? Findings from the tyfa modelling exercise', <i>IDDRI-ASca</i> , (N°02/19), p. 52
ZEN 2050	epe. entreprises pour l'environnement	France	1	epe (2019) <i>ZEN 2050 - imaginer et construire une France neutre en carbone</i> , p. 88.

3. Extraction des données pour l'analyse

Les données narratives et les données quantitatives donnant des informations sur le type de prospective réalisée et ses objectifs ainsi que sur les variables et leviers proposés dans chaque scénario ont été extraites et organisées dans une grille de lecture (base de données Excel®). Ce tableur regroupait, en lignes, la liste des variables et leviers identifiés au cours de la mission de schématisation conceptuelle de la bioéconomie ; puis, au fur et à mesure des lectures, se sont ajoutés d'autres variables et leviers rencontrés et chiffrés dans les scénarios. En colonne, se trouvaient tous les scénarios identifiés. Cette grille constitue le matériau de base des étapes suivantes de l'analyse (Annexe V.).

En parallèle, j'ai produit une fiche d'analyse détaillée de chaque travail de prospective du corpus (voir Figure 7).

Titre – Auteur

Sous-titre

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	
Auteur	
Date	
Partenaires associés	
Horizon temporel	
Zone géographique	
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	
Objectif de la prospective	
CONTENU	
Objectif GES visé	
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	
Enjeux environnementaux traités	
Variables clés du(es) scénario(s)	
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	
Point d'entrée principal dans la prospective	
Nombre de scénario	
Nom des scénarios	

Les enjeux environnementaux traités sont listés dans la partie résultats et ont été répertoriés à partir de l'étude des documents *Typologie des enjeux environnementaux* (Caevel, Ooms, 2005)

Type d'agriculture Production animale Production végétale

Alimentation Fertilisation minérale et organique / cycles biogéochimiques Usage biomasse agricole (alimentation / énergie / matériau ?) Stockage de carbone / Puits de carbone

Place de la forêt et usage de la biomasse Place des politiques / Impacts économiques Echanges extérieurs / Autonomie

Mix énergétique Transport Bâtiment

Industrie

Figure 7. Modèle de fiche d'analyse
Source : auteur

Ces fiches permettaient de caractériser et d'apprécier chacun des travaux retenus, d'en identifier et d'en décrire les principales idées de chaque scénario et d'en résumer les principales conclusions. Elles comportaient deux parties distinctes :

- Une première partie qui permettait de répertorier les caractéristiques générales du travail de prospective.
- Une seconde partie qui permettait d'énumérer les principales idées et leviers mobilisés dans le ou les scénario(s) de l'exercice de prospective par thématique. Ces thématiques avaient été identifiées au préalable, à l'aide des schémas conceptuels réalisés dans le cadre de ce stage et présentés plus bas.

Pour certains travaux, davantage de données figurent dans ces fiches de lecture, notamment des précisions sur les objectifs de la prospective ou les méthodes utilisées ainsi qu'une rapide analyse sur les limites de l'exercice.

Toutes ces fiches sont regroupées et consultables en Annexe V.

4. Analyse des données et interprétations

En m'appuyant sur la bibliographie, notamment un article de la revue *futuribles Agriculture et changement climatique : analyse et enseignements d'approches prospectives* (Poux and Aubert, 2019), et une première lecture des travaux constituant le corpus, j'ai identifié un axe prioritaire qui m'a permis de structurer mon analyse : les travaux de prospective peuvent être classés en deux grandes catégories de prospective : multithématique / spécifique, centrée sur le climat.

J'ai donc analysé dans un premier temps les divergences et convergences entre les travaux multithématiques et spécifiques pour ensuite relever les leviers que l'on retrouvait souvent dans les scénarios du corpus pour pouvoir voir quelles actions font consensus dans les travaux des partenaires de l'ADEME pour transformer le système de production de biomasse et faire que la bioéconomie contribue à réduire les EGES des territoires. Enfin, j'ai comparé les leviers mobilisés dans les travaux des partenaires à ceux mobilisés dans les scénarios de l'ADEME.

III. Résultats

A. Schémas de variables – Modèle conceptuel de la bioéconomie

1. Liste de variables retenues et définitions

Les variables clés à prendre en compte pour le développement d'une bioéconomie durable réduisant les EGES sont les suivantes :

Système interne

- Thématique Alimentation
 - o Régimes alimentaires
 - o Pertes et gaspillage alimentaire
 - o Modes de production et de consommation
- Thématique Agriculture
 - o Surfaces agricoles
 - o Modes de production⁴

⁴ Modes de production : agriculture conventionnelle, agroécologie, agriculture biologique...

- Types de production⁵
- Organisation des territoires et des exploitations⁶
- Thématique Forêt :
 - Récoltes de bois
 - Surface forestière et nature des peuplements
 - Puits de carbone (in situ et ex situ)
- Thématique Biocarburants
 - Consommation de biocarburants
- Thématique Produits Biosourcés
 - Quantités de produits biosourcés par type de produits
- Thématique Chaleur Biomasse
 - Production de chaleur, bois domestique
 - Production de chaleur à partir de biomasse énergie, collectif et tertiaire
 - Production de chaleur à partir de biomasse énergie, industrie et process industriel

Système externe

- Changement climatique
- Contexte économique
- Niveau de consommation globale (liée à la fois à l'évolution de la démographie et aux modes de consommation)
- Commerce international
- Disponibilité de certaines ressources (eau, sol...) et état des écosystèmes
- Prix de l'énergie
- Réglementation, politiques publiques et stratégies nationales et européennes (stratégie bioéconomie, économie circulaire, politiques énergétiques, politiques agricoles et environnementales, politiques forestières, autres politiques publiques sectorielles...)

Cependant, j'ai aussi identifié des paramètres externes spécifiques à chaque thématique de la bioéconomie : par exemple, pour la thématique Biomasse Chaleur, il y a le paramètre Etat de la filière bois d'œuvre française. Ainsi, il existe des paramètres externes dans chaque schéma. Le listage de ces paramètres par thématique n'est pas exhaustif ; il s'agit d'une première réflexion sur le sujet, mais cela constitue un autre sujet trop vaste pour être traité ici.

2. Schématisation

a) Schéma à l'échelle macroscopique, de fortes connexions entre les sujets bioéconomie et les autres sujets de l'Agence

Sur ce schéma figurent (voir Figure 8) :

- ❖ Les 15 variables clés de la bioéconomie réparties par thématique.
- ❖ Les principales connexions des variables (intra SFAB et avec les autres services). Les services connectés au SFAB sont nombreux et la bioéconomie est un secteur qui englobe des enjeux de nombreux secteurs de la prospective.
- ❖ Les 7 paramètres externes influençant tous les secteurs de la bioéconomie.

⁵ Types de production : cultures céréalières, prairies permanentes, nouvelles productions (insectes, viande de synthèse...), couverts végétaux...

⁶ Spécialisation, diversification...

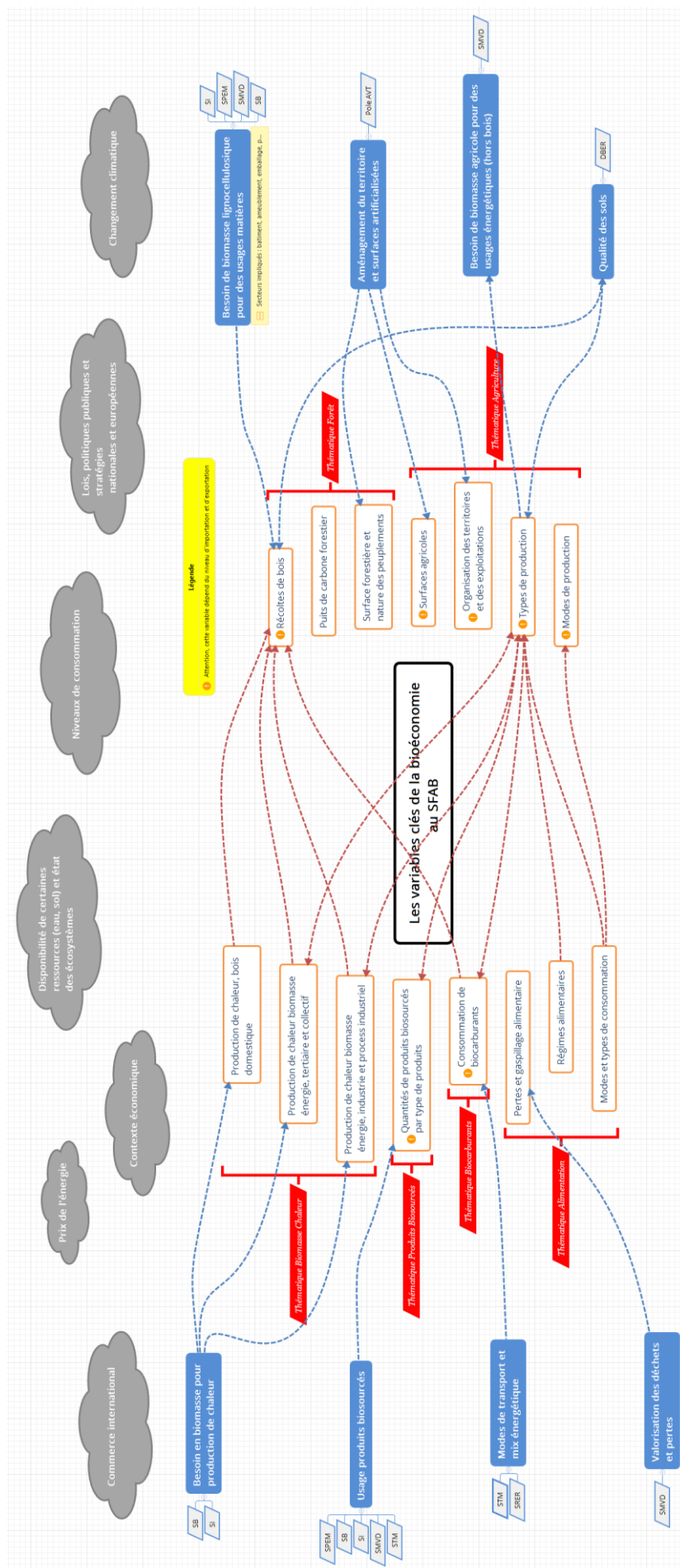


Figure 8. Schéma à l'échelle macroscopique
Source : Auteur

(1) Les principales connexions en interne au SFAB

Concernant les connexions en rouge, au sein des secteurs de la bioéconomie, elles lient les variables d'usages de la biomasse (à gauche), aux variables liées à la production de biomasse (à droite).

L'exercice de prospective part du principe que c'est le secteur de l'alimentation, de par les régimes alimentaires et la définition des assiettes qui y sont associées, qui définit les besoins en produits agricoles et donc les productions agricoles (modes, types, quantités...) ; en effet, la flèche de connexion part de la gauche vers la droite. De la même façon, la variable récolte de bois est définie par la production d'énergie (chaleur et biocarburants) à partir de biomasse lignocellulosique, les flèches partent de la gauche pour aller vers la droite. Ainsi, dans le cadre de l'exercice prospectif, ce sont les experts du secteur Biomasse Chaleur qui donnent aux experts de la forêt, leurs besoins en biomasse lignocellulosique. Pour les autres interconnexions, notamment les liens entre production de biocarburants, de produits biosourcés, de chaleur à partir de biomasse agricole, et la production agricole, la définition des variables (quels prélèvements possibles pour quelles quantités de produits ou énergie) se fait par des discussions entre les experts des différentes thématiques. Dans les faits, les experts des différentes thématiques s'entendent sur les niveaux de prélèvement et de production possibles. Les flèches qui lient ces variables sont donc à double sens.

(2) Les principaux liens avec les autres secteurs au niveau de l'exercice de prospective

Liens variables internes / variables externes

Ce sont les flèches bleues qui montrent les relations entre les variables clés de la bioéconomie et les variables des autres secteurs de la prospective. Seules les relations les plus importantes sont représentées, c'est-à-dire, celles qui constituent la première source de connexion d'une variable à l'autre, et qui influencent énormément la définition des variables clés.

Pour commencer, il existe une forte connexion des variables du secteur de la production de chaleur à partir de biomasse avec la variable besoin en biomasse pour production de chaleur. Ce besoin en biomasse est principalement défini par les services industrie et bâtiment (SB et SI). En ce qui concerne la variable quantité de produits biosourcés par type de produits, elle est définie par tous les secteurs d'activités traités à l'ADEME ayant recours aux produits biosourcés : le secteur du plastique, des transports, du bâtiment, de la chimie et aussi par les possibilités de recyclage et revalorisation des produits biosourcés en fin de vie. Ce sont respectivement le SPEM, le STM, le SB, le SI et le SMVD qui traitent ces secteurs⁷. La variable Consommation de biocarburants, quant à elle, est très fortement liée aux modes de transport et au mix énergétique français, gérés conjointement par le STM et le SRER. Par ailleurs, il existe une connexion évidente entre la variable pertes et gaspillages alimentaires et les missions des experts du SCP ainsi qu'avec la problématique de la valorisation des déchets, gérée au SMVD.

D'autre part, les surfaces forestières, agricoles et l'organisation des territoires et des exploitations sont totalement dépendantes de l'aménagement du territoire et notamment des surfaces artificialisées, gérés à l'ADEME par le pôle AVT⁸. De la même façon, la variable qualité des sols est à connecter avec les types et modes de production agricoles et forestiers (dans le cadre de l'exercice de prospective de

⁷ SPEM : Service Produits et Efficacité Matière / STM : Service Transport et Mobilité / SB : Service Bâtiment / SI : Service Industrie / SMVD : Service Mobilisation et Valorisation des Déchets / SRER : Service Réseaux et Energies Renouvelables

⁸ AVT : Aménagement des Villes et des Territoires

l'ADEME, un groupe d'experts et ingénieurs s'intéressent à l'impact des pratiques agricoles et forestières sur la qualité des sols).

Pour finir, les secteurs de production sont aussi à relier avec les secteurs non alimentaires utilisateurs de la biomasse. Il existe de nombreux liens entre les variables de production de la biomasse (récoltes de bois, types et modes de production agricoles) et leurs usages : besoins de biomasse lignocellulosique pour des usages matière pour les secteurs du bâtiment, de l'ameublement, de l'emballage, du papier/carton ; ainsi que pour des usages énergétiques (méthanisation notamment), traités par le SMVD.

Liens variables internes / paramètres externes

Pour une bioéconomie durable, il faut tenir compte de différents paramètres et les intégrer dans les modèles prospectifs :

- Le changement climatique, influence les équilibres des écosystèmes, notamment les rendements agricoles, le taux de mortalité des arbres en forêt, l'organisation des territoires ; et donc puisqu'il agit sur les niveaux de production, il influence aussi les niveaux de consommation et les prélèvements maximums possibles, donc toutes les autres thématiques.
- Le changement climatique est aussi lié et impacte la disponibilité de certaines ressources et l'état des écosystèmes (état des sols, de l'eau...)
- Il faut aussi considérer que les politiques publiques et stratégies étatiques seront cohérentes et pousseront à une bioéconomie durable.

Enfin, il faut considérer les paramètres que sont le commerce international, le contexte économique et les niveaux de consommation. Ces trois paramètres agissent énormément sur le secteur de la bioéconomie.

b) Schémas des différentes thématiques

Ces schémas présentent la place de la bioéconomie au sein des différents services de l'ADEME et les liens entre les variables des thématiques de la bioéconomie et celles des autres secteurs économiques traités par l'Agence. L'analyse rapide de ces schémas permet de se rendre compte de la complexité de ce secteur et de ses relations avec les autres secteurs économiques. Les thématiques de la bioéconomie sont multiples et toutes interconnectées. Dans le cadre de l'exercice de prospective, la place que peut ou doit prendre la bioéconomie pour réduire les EGES de la France n'est pas décidée que par les experts du SFAB. L'identification des variables internes permet de mettre en lumière différents leviers d'action sur lesquels les experts du SFAB ont la main, mais qui dépendent aussi de nombreuses variables définies par les autres services.

Seul le schéma de la thématique Produits Biosourcés est inséré dans cette partie puisque j'y fais référence à plusieurs fois dans le corps de mon mémoire (Figure 9). Pour une question de lisibilité, les autres schémas figurent en Annexe I. et sont disponibles auprès de l'ADEME.

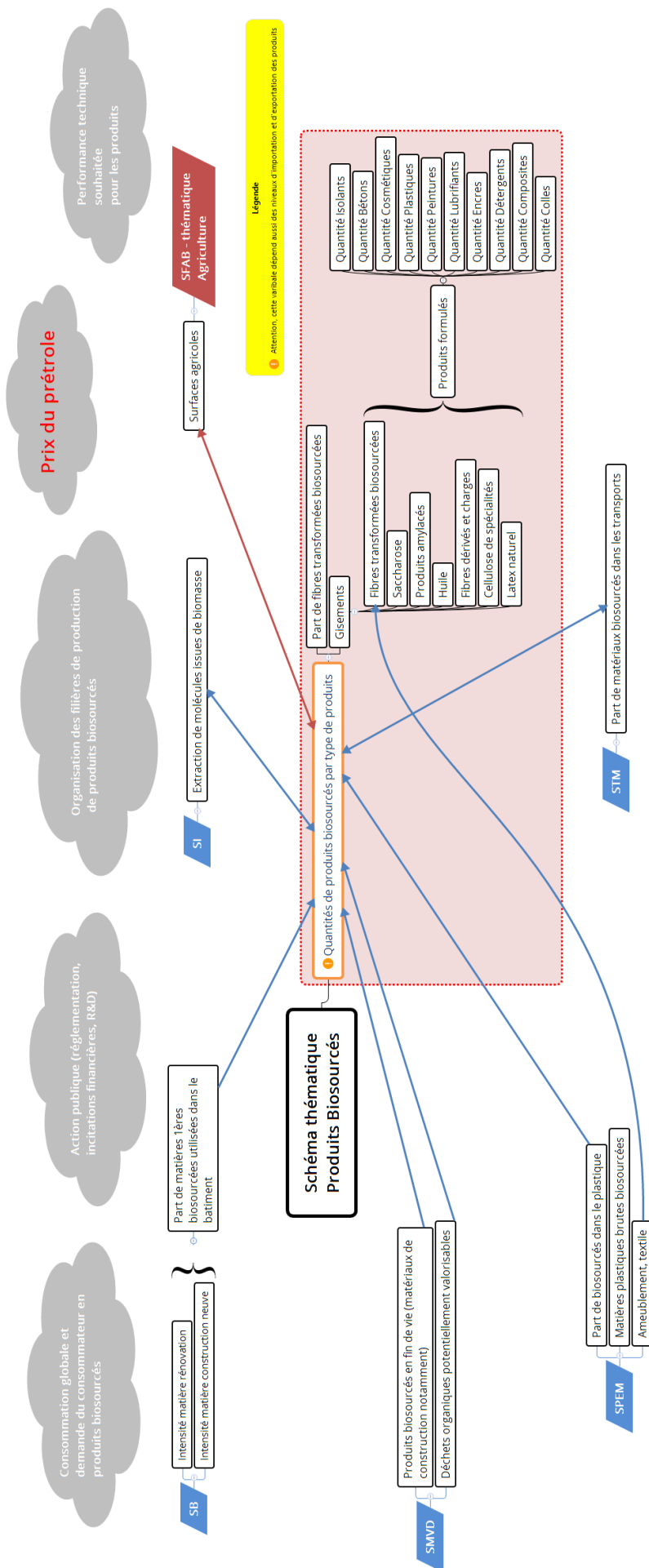


Figure 9. Schéma conceptuel – thématique Produits Biosourcés
Source : Auteur

Bilan de la modélisation conceptuelle de la bioéconomie à l'ADEME

Les principaux enseignements qu'il est possible de tirer de la lecture de ces schémas, concernant le fonctionnement de la bioéconomie à l'ADEME, sont les suivants :

C'est le secteur de l'alimentation qui définit en premier lieu les productions du secteur agricole, la vocation première de l'agriculture étant la production d'aliments ; néanmoins, d'autres usages de la biomasse agricole, non alimentaires, viennent impacter le niveau de production du secteur : biocarburants, produits biosourcés pour des usages variés et production de chaleur. La forêt est aussi productrice de biomasse pour des usages non alimentaires ; elle est la principale source pour les usages construction et énergie du bois. Elle fournit néanmoins de la biomasse sous une certaine limite, pour se préserver et préserver son puits de carbone. Il faut aussi s'assurer qu'au niveau global, il n'y a pas de problème dans l'utilisation des surfaces (entre surface agricole, surface forestière et surface artificialisée) et que la gestion des surfaces parvient bien à la neutralité carbone (dans le cadre de l'exercice prospectif).

Ce travail de schématisation a fait ressortir qu'il existe des limites au développement de la bioéconomie, il faut articuler les usages de biomasses car ce n'est pas une ressource infinie. Ainsi, au global, un enjeu majeur pour la bioéconomie durable est d'obtenir un équilibre entre les productions et les usages de la biomasse, tout en préservant autant que possible les milieux.

B. Analyse comparative des scénarios

Cette partie présente les résultats obtenus par l'analyse des travaux du corpus. La partie 1. porte sur l'analyse globale du corpus et le détail des caractéristiques des travaux de prospective. La partie 2. souligne des points de divergence et de convergence principaux entre ces deux types d'approche. La partie 3. quant-à-elle permet de mettre en lumière les différents points de convergence et divergence au sein des prospectives multithématiques. Enfin je m'intéresserai à la place des scénarios de l'ADEME parmi ceux étudiés dans le corpus.

1. Description globale du corpus

Les travaux analysés sont réalisés par des organismes publics, des entreprises privées, des collectifs et associations. Pour la plupart, le comité de pilotage a fait appel à un collectif d'acteurs/d'experts/de spécialistes extérieurs.

Les travaux sont récents puisqu'ils vont de 2015 à 2020. Parfois certains des scénarios s'inspirent fortement de premiers scénarios réalisés quelques années auparavant mais pour lesquels ils ont revu leurs objectifs et chiffrages. Ce sont des travaux Français ou Européens qui s'intéressent donc à ces territoires ainsi qu'au Monde (soit uniquement avec des réflexions à l'échelle mondiale, notamment à propos de la sécurité alimentaire et des échanges commerciaux, ou alors en réalisant une analyse globale à l'échelle du monde comme dans le travail 4th SCAR Foresight (SCAR, 2015).

En termes d'intention stratégique et d'objectifs de la prospective, il existe deux grands types d'approches, évidemment non exclusives, mais qui cadrent en partie la manière d'organiser le scénario, les hypothèses qui sont faites, et surtout le type d'outils mobilisés. 1) Certains scénarios, comme ZEN 2050 ou NègaWatt, sont construits dans une logique opérationnelle dans le but d'accompagner le déploiement d'une stratégie concrète. Ces scénarios sont souvent accompagnés de recommandations des auteurs pour les pouvoirs publics. Ils se veulent les plus plausibles possibles et l'outillage mobilisé se veut fidèle à la réalité. 2) En revanche, d'autres scénarios sont davantage dans une logique d'intervention plus politique, dans ce cas, les hypothèses peuvent être plus radicales, moins plausibles, et l'outillage varié. Ils constituent davantage une source pour appuyer un débat (AGRI2050, Afterres2050...). Les

idées de ces scénarios ne cherchent pas à être mises en place mais permettent de donner de la matière pour débattre ou prendre conscience qu'un changement est nécessaire.

Dans l'ensemble, les outils de modélisation sont peu décrits et relativement diversifiés. Ces travaux de prospective utilisent diverses méthodes dites « des scénarios », qui sont présentées et analysées dans l'ouvrage de Bishop, Hines et Collins (Bishop, Hines and Collins, 2007). Certains ouvrages utilisent des méthodes de construction directe de scénarios logiques via des ateliers d'experts disposant des variables majeures de la problématique (aller de temps zéro à temps horizon en combinant des jeux plausibles et/ou probables de variable). D'autres utilisent la modélisation quantitative à partir de divers algorithmes, ou encore le back casting, qui consiste à remonter l'arborescence des choix ou des tendances à partir d'une situation donnée à l'horizon choisi (aller de temps horizon à temps zéro). Enfin, il existe la méthode de la prolongation des tendances, ou baseline, qui n'aboutit qu'à un seul scénario (dit scénario tendanciel).

Les périmètres des thématiques bioéconomiques étudiées sont très variables d'un scénario à l'autre. Au-delà des secteurs agricoles et de l'alimentation auxquels tous les travaux s'intéressent (hormis Négawatt puisqu'il s'agit d'un scénario énergétique, mais couplé avec le scénario Afterres2050), certains scénarios traitent les thématiques des bioénergies et des bioproduits ou encore la question de la valorisation des déchets. D'autres s'intéressent à l'ensemble des secteurs qui émettent des GES, tels que l'industrie, le transport, le bâtiment (Négawatt, ZEN 2050). Pour ces travaux-ci, j'ai fait le choix, comme mentionné dans la partie méthodologie, de ne traiter que les leviers et données directement liés à la bioéconomie et non pas l'ensemble des informations de tous les secteurs. La majorité des scénarios ne s'arrêtent pas qu'à l'étude du système agricole et alimentaire du périmètre géographique mais élargissent en traitant la question de la sécurité alimentaire (européenne ou mondiale). Par ailleurs, certains travaux englobent le secteur de la pêche et de la forêt, et pour les travaux français, rares sont ceux qui traitent les territoires d'outre-mer de façon explicite.

D'autre part, il est possible de séparer les exercices de prospective en deux grandes familles d'après un article sur les enseignements de l'analyse d'approches prospectives sur l'agriculture et le changement climatique (Poux and Aubert, 2019) : multithématique, les scénarios s'appuient sur l'analyse et l'évolution des variables de nombreux secteurs de la bioéconomie en plus de la réduction des EGES (TYFA, Afterres2050, le scénario de WWF...); d'autres sont plus spécialisés, et sont centrés sur le climat et des logiques de décarbonation (LTS, Net-Zero 2050...). Les chercheurs de cet article promeuvent les initiatives prospectives du premier type car elles intègrent une diversité de thématiques environnementales, bien que les secondes restent utiles pour la construction du débat public.

Pour obtenir plus d'informations sur les caractéristiques des travaux sélectionnés ainsi que sur les logiques de fonctionnement des scénarios, voir les fiches de lecture en Annexe 6.

2. Points de divergence et convergence entre les démarches spécialisées et multithématiques

Quelles différences fondamentales dans les logiques mises en œuvre dans ces deux types d'approche ?

L'intensification durable de la production agricole, dans une logique « d'économie des terres », est le plus souvent considérée comme un passage obligé pour parvenir à la neutralité carbone en 2050 (Aubert, Schwoob and Poux, 2019). Cependant, de plus en plus d'acteurs, s'interrogent, a contrario, sur la contribution potentielle d'un système alimentaire agroécologique plus extensif selon une logique de « partage des terres », qui cherche à modifier les pratiques agricoles, quitte à subir une baisse de rendement, afin de conserver des territoires à la fois productifs et réservoirs de biodiversité (Fischer *et al.*, 2014). L'IDDRI s'est notamment intéressé à cette opposition entre les scénarios défendant chacun

une de ces deux approches différentes et pour cela, a comparé son scénario TYFA-GES aux divers scénarios « neutres » produits par la Commission Européenne et la Fondation Européenne pour le Climat, en 2018, dans le cadre des projets respectifs LTS et NZ-2050. La suite de cette partie reprend 1) les résultats présentés dans l'article de l'IDDRI « Agriculture et changement climatique : analyse et enseignements d'approches prospectives » (Poux, Aubert, 2019) et 2) les résultats de ma revue des travaux prospectifs de la Commission Européenne, de la Fondation Européenne pour le Climat et de l'IDDRI, dans le cadre des projets respectifs : Stratégie Européenne pour le Climat, Net-Zero 2050 et TYFA-GES. Voir l'encadré 1 pour plus de précisions sur les deux exercices prospectifs de l'Europe.

Les scénarios proposés dans le cadre de la stratégie de long terme de l'UE (LTS) et de l'étude *Net-Zero Agriculture 2050* (NZ Agri 2050) sont construits dans un objectif premier de décarbonation. Ils reposent sur une augmentation des rendements via l'intensification des systèmes agricoles et (secondairement) sur des changements de régimes alimentaires (moins de produits animaux, en particulier de ruminants). Il s'agit d'améliorer l'efficacité des élevages pour libérer des terres agricoles afin soit de les boisser, pour augmenter le puits biologique de carbone, soit de les utiliser pour produire de la biomasse à vocation énergétique. Dans cette logique « d'économie des terres », l'augmentation des rendements (animaux comme végétaux) joue un rôle central. Cela rejoint les évolutions envisagées pour l'agriculture européenne énoncées dans l'étude de l'INRAE de février 2020 (Tibi et al., 2020). Les gains de productivité envisagés s'appuient sur l'adoption de technologies devant permettre de limiter (voire réduire) les impacts environnementaux des systèmes agricoles, dans un contexte où ces mêmes impacts sont aujourd'hui très importants. Cependant faire autant avec moins n'est pas forcément possible et de nombreux acteurs s'accordent pour dire que parier sur l'augmentation des rendements est périlleux dans le contexte de changement climatique actuel. Les experts du GIEC, dans leur rapport sur le changement climatique et les terres (GIEC, 2019), alertent sur le fait que dans certaines régions de la planète, les rendements des cultures et la productivité animale ont déjà commencé à décroître à cause du changement climatique. Beaucoup de travaux doivent encore être menés.

L'un des points majeurs de divergence entre ces deux approches est l'intensification de l'élevage. Tous les scénarios convergent vers une diminution de l'élevage mais pas vers sa désintensification. Les deux

ENCADRE 1 - PRECISIONS SUR LES SCENARIOS ETUDIES

Les travaux qui proposaient plusieurs scénarios étaient parfois difficiles à analyser. En effet, dans les rapports auxquels j'avais accès, il n'était parfois pas bien expliqué si les données mentionnées (qu'elles soient narratives ou qualitatives) faisaient référence à l'un ou l'autre des scénarios. J'ai rencontré ce problème pour l'analyse de deux scénarios de l'étude *Net-Zero Agriculture in 2050 : How to get there* de l'IEEP ainsi que dans le rapport *A clean Planet for All* de la Commission Européenne.

La Climate Works Foundation, dans le cadre de la Carbon Transparency Initiative (CTI) a commandité une série d'études dont l'objectif est de construire une vision et une base factuelle pour la transition vers la neutralité carbone de l'Europe à l'horizon 2050. Le rapport *Net Zero by 2050 : from whether to how* (NZ 2050), constitue un volet de cette initiative, a été commandité par la Fondation Européenne pour le Climat et s'intéresse à l'ensemble des secteurs économiques émissifs de GES. Le rapport *Net-Zero Agriculture in 2050 : How to get there* (NZ Agri 2050), auquel j'ai choisi de m'intéresser plus particulièrement, est également un volet de la série NZ 2050, et s'intéresse au secteur des terres et donc à certaines thématiques de la bioéconomie. Il a été réalisé par l'IEEP en 2019. Il présente 4 scénarios différents pour le secteur agricole. Je n'ai analysé que deux de ces scénarios, ceux qui mobilisaient la totalité des leviers (efficacité et changements de production, séquestration du carbone et changement de l'usage des terres). Les résultats présentés dans ce mémoire sont donc une combinaison des données de ces deux scénarios. Pour plus d'informations, voir la fiche de lecture correspondante en Annexe VI.

L'UE a publié sa vision stratégique de long terme (LTS) permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Dans ce cadre, elle a construit 8 scénarios distincts qui reposent sur 7 axes stratégiques. Dans ce mémoire, je n'ai analysé que deux de ces scénarios, ceux qui parviennent à la neutralité carbone : 1.5 techno et 1.5 lifestyle. Ces scénarios prennent en compte la biomasse et les captages de carbone en plus d'étudier les différentes technologies susceptibles de diminuer les EGES européens (power-to-w, hydrogène, économie circulaire...). Les résultats présentés dans ce mémoire sont donc une combinaison des données de ces deux scénarios. Pour plus d'informations, voir la fiche de lecture correspondante en Annexe VI.

scénarios analysés dans NZ Agri 2050 envisagent une augmentation des systèmes en « feedlots » ainsi qu’une augmentation du chargement au pâturage. L’intensification de l’élevage est à relier avec un autre point majeur de divergence : l’usage des phytosanitaires. En effet, l’augmentation de leur usage permet, selon certains scénarios, d’accroître la productivité et les rendements (30% de l’augmentation des rendements peut être attribué à une utilisation supplémentaire de fertilisants dans les scénarios NZ Agri 2050). Cela permet donc de libérer des terres agricoles pour réinstaller des prairies (qui stockent le CO₂), faire des bioénergies (qui remplacent les produits à base de pétrole) ou pour afforester (ce qui stocke aussi du CO₂). Les scénarios multithématiques, puisqu’ils s’intéressent aux enjeux environnementaux de manière plus globale cherchent à réduire l’utilisation des produits phytosanitaires et des engrais en agriculture. Ce n’est pas le cas des scénarios de la LTS et de ceux de l’étude NZ Agri 2050.

Des points de convergence

Malgré les différences fondamentales dans la technique d’élaboration des scénarios et leurs objectifs, il existe tout de même de nombreux points communs entre les scénarios européens spécialisés et le scénario multithématique européen TYFA.

Tableau 5. Comparaison des leviers mobilisés dans les travaux européens spécialisés

Leviers (autres que ceux déjà analysés plus haut)	TYFA GHG	LTS	NZ Agri 2050
Augmentation des surfaces de prairies permanentes	oui	non	oui
Modification des régimes alimentaires	oui	oui	oui
Réduction du gaspillage alimentaire	oui	oui	NR
Modification de la balance commerciale, vers une autonomie de l’Europe	oui	NR	oui
Production de bioénergies, dont origine cultures dédiées	oui, non	oui, oui	oui, NR
Utilisation de biomatériaux	non	Oui (bois notamment)	NR
Importance de l’économie circulaire	oui	oui	NR
Recours aux technologies de stockage de carbone (CCS, BECCS, DACCS⁹)	non	oui	NR

Ainsi, de la comparaison de ces deux types de travaux de prospective, il faut conclure que la bioéconomie représente un des leviers majeurs pour la réduction des EGES, mais que tous les scénarios ne revendiquent pas un même niveau de mobilisation de celle-ci pour atteindre les objectifs de réduction des EGES de l’Union Européenne. Certains acteurs prônent le développement d’une bioéconomie « à tout prix », mettant de côté les impacts socio-environnementaux qu’il peut engendrer. Les auteurs du scénario TYFA, quant à eux, laissent peu de place à une bioéconomie qui ne serait pas durable et

⁹ Les méthodes de stockage de CO₂ par capture mettent en place des technologies pour récupérer le CO₂ dégagé par les usines utilisant des énergies fossiles ou certaines énergies renouvelables comme la biomasse, puis pour l’injecter dans des cavités souterraines pour éviter les émissions de carbone dans l’atmosphère. Il existe différentes techniques : CCS (Carbon Capture and Storage), BECCS (Bioenergy with Carbone Capture and Storage) et DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage).

avancent que son développement doit tenir compte et mettre en place des logiques de production et d'utilisation de la biomasse moins intensives et plus diversifiées.

3. Analyse et comparaison des leviers mobilisés dans les scénarios multithématiques

Cette partie présente les points de convergence et de divergence repérés dans les travaux de prospective multithématiques afin d'en tirer des conclusions sur la place laissée à la bioéconomie dans les scénarios européens et français de réduction des EGES ou d'atteinte de la neutralité carbone.

a) Leviers convergents

La réduction des cheptels et leur rerépartition sur le territoire

Dans l'ensemble, tous les scénarios multithématiques convergent vers l'idée qu'il faut réduire certains cheptels et rerépartir l'élevage sur le territoire, dans le but de rétablir les liens entre cultures et élevages. Le scénario Afterres2050 prône une profonde mutation de l'élevage et sa désintensification, comme le fait le scénario TYFA. Le scénario ZEN 2050 défend une réduction du cheptel bovin et une alimentation plus locale des animaux.

Le développement de la culture des légumineuses

Dans tous les scénarios multithématiques, un des leviers majeurs proposé est l'augmentation des surfaces en légumineuses et donc des consommations alimentaires de légumes secs notamment (ZEN 2050). Certains scénarios vont plus loin et cherchent à totalement s'affranchir des engrais azotés grâce à la réintroduction des légumineuses fixatrices d'azote dans les rotations culturales pour boucler les cycles biogéochimiques. C'est le cas du scénario de WWF, dans lequel le développement des légumineuses est une des variables clés de l'évolution des systèmes agricoles vers des systèmes plus autonomes et moins dépendants des engrais azotés. Dans Afterres2050, la culture des légumineuses doit représenter 25% de la surface totale en terres arables. Dans le scénario TYFA, il s'agit aussi d'un levier clé à mobiliser.

Le développement des cultures intermédiaires

Les scénarios Afterres2050, TYFA et ZEN2050 poussent au développement des cultures intermédiaires, comme cela est préconisé par l'étude 4 pour 1000 de l'INRAE (Pellerin *et al.*, 2019). Dans ZEN2050, ces cultures seront majoritairement valorisées de manière énergétique.

La diversification des systèmes de cultures

Afterres2050 et TYFA recommandent de diversifier les systèmes de cultures et mobiliser des espèces et variétés plus résilientes face au changement climatique.

La priorité donnée aux usages alimentaires

Dans le scénario Pulse Fiction, le parti est pris de donner l'absolue priorité aux débouchés pour l'alimentation humaine et animale. Il en va de même dans le scénario Afterres2050.

Des régimes alimentaires plus sains = Diminution des protéines animales dans l'alimentation

Tous les scénarios jouent sur l'évolution des régimes alimentaires vers des régimes plus sains et moins caloriques, composés davantage de fruits et légumes et surtout, une division, a minima par 1,5, des consommations de viande. Certains scénarios (Afterres2050, PulseFiction, ZEN2050) poussent ce levier au maximum, puisqu'ils proposent l'inversion du rapport protéines animales/végétales et la réintroduction de nombreux fruits et légumes dans les ratios. Certains se « contentent » de dire que la

prise de protéines animales est réduite : ZEN2050, jusqu'à 70% de flexitariens en 2050 ; ainsi que le scénario Sobriété savante du CGAAER.

La réduction du gaspillage alimentaire

Tous les scénarios mentionnent l'importance de la réduction du gaspillage alimentaire (GA). Il s'agit d'une variable clé du scénario Sobriété savante du CGAAER et d'un levier important des scénarios TYFA et Afterres2050. ZEN2050 : division par 2 du GA.

Le développement de l'économie circulaire et valorisation des déchets

Tous les scénarios ne considèrent pas qu'il s'agisse d'un levier majeur à mobiliser. La moitié des scénarios ne traite pas l'enjeu de l'économie circulaire.

Zen2050 illustre l'importance de la simplification du tri, de la diminution des déchets, du développement de l'écoconception, de l'amélioration de la réparabilité des objets et la nécessité d'une sensibilisation et d'un accompagnement des consommateurs. TYFA, qui propose un bilan d'azote très millimétré et avec peu de pertes d'azote envisageables, propose de mobiliser les boues de STEP (Station d'Épuration des eaux usées) pour réduire la pression, d'où l'importance de l'économie circulaire. Le scénario négaWatt souligne aussi l'importance du développement circulaire et la nécessité d'allonger la durée de vie des objets et de favoriser le partage.

Le développement de l'agroécologie, l'agriculture biologique, la production intégrée et de qualité

Afterres 2050 fait l'hypothèse que la production intégrée et l'agriculture biologique représenteront 90% de la production en 2050. TYFA va encore plus loin, et souhaite montrer qu'un scénario avec une production agricole 100% agroécologique peut nourrir l'Europe. Ces deux scénarios jouent aussi sur la part d'élevage sous signe de qualité et la diminution des élevages conventionnels.

L'augmentation des surfaces forestières

ZEN2050 fait l'hypothèse d'une extension de la forêt (à un rythme modéré 40 000ha/an). Ce scénario se base sur le scénario « dynamiques territoriales » de l'étude INRA-IGN sur la forêt (Roux *et al.*, 2017). C'est aussi le cas dans les scénarios Sobriété savante et Citoyens des territoires du CGAAER ce qui a pour conséquence d'augmenter le puits de carbone in-situ. Nous observons un maintien des surfaces forestières dans le scénario Afterres2050. Les autres scénarios étudiés ne traitent pas la thématique de la forêt.

b) Leviers divergents

La nature des cheptels à diminuer (ruminant ou granivore ?)

Dans TYFA, la quasi-totalité des cheptels de bovin sont maintenus. En effet, ils permettent le maintien des prairies permanentes et surtout, sont moins compétitifs du point de vue de l'alimentation humaine par rapport aux granivores (les monogastriques consomment 50% des céréales et oléoprotéagineux consommés en France (Association Solagro, 2016)). Mais dans TYFA-GES, les cheptels bovins sont davantage réduits car ce scénario vise à réduire le plus possible les EGES du secteur agricole.

A l'inverse, dans le scénario de Solagro, ce sont les élevages de bovin qui sont drastiquement réduits car fortement émissifs de GES (CH₄). Il en va de même dans le scénario ZEN2050.

Dans certains scénarios (Capitalisme environnemental et Citoyens des territoires du CGAAER), on retrouve l'idée qu'il faut trouver de nouvelles sources de protéines, pour substituer les protéines

animales actuelles dans l'alimentation humaine. Il y est alors fait l'hypothèse du développement de nouveaux types de production : insectes et algoculture.

Le développement des biocarburants (surfaces dédiées ?)

OUI Dans le scénario ZEN2050, une partie des déchets verts, des cultures intermédiaires et des coproduits ainsi qu'une petite partie des cultures et des herbes et fourrages est dédiée à la production d'énergie. Cependant, l'étude soulève tout de même la question de la gouvernance pour arbitrer entre les différentes utilisations de la biomasse et s'il est souhaitable d'augmenter la production de biomasse pour des usages énergétiques sachant que le scénario fait aussi l'hypothèse d'un puits de carbone significatif. Le scénario Citoyens des territoires du CGAAER s'appuie lui aussi sur le développement, mais territorialisé, de production d'agrobiocarburants et d'agroénergies.

NON Dans le scénario Pulse Fiction, on assiste à une division par 2 de la production de biocarburants (hors biogaz) qui n'est pourtant pas actuellement élevée, car une priorité absolue est donnée aux débouchés pour l'alimentation humaine puis animale, il en va de même dans Afterres2050, dans lequel il est précisé qu'il n'y a pas de terres consacrées à la seule production d'énergie. Il n'y a pas du tout de production de bioénergies dans le scénario TYFA.

Le développement des produits biosourcés (hors bois)

Peu d'exercices prospectifs se prononce réellement sur la question des produits biosourcés.

OUI Le scénario Citoyens des territoires du CGAAER s'appuie sur le développement, de manière locale, de la production de biomatériaux, afin de dynamiser les territoires et créer de la richesse.

NON Dans Afterres2050, il n'y a pas de développement majeur de bioproduits d'origine agricole, ni dans TYFA, qui précise même que les cultures industrielles (lin, chanvre, etc...) sont maintenues aux niveaux de production de 2010.

Le maintien, voire l'augmentation des surfaces de prairies naturelles

OUI Dans le scénario Zen2050 il y a une volonté de préserver les prairies naturelles pour stocker du carbone, mais il n'est pas précisé comment, sachant que l'hypothèse de réduction des cheptels bovins est faite en parallèle. Dans Afterres2050, il faut désintensifier l'élevage pour maintenir les prairies naturelles. Dans le scénario TYFA, le redéploiement des prairies naturelles (et des infrastructures agroécologiques (IAE) qui vont avec) est la variable clé de tout le scénario.

NON Dans le scénario PulseFiction, les surfaces de prairies naturelles diminuent en raison de la diminution de la consommation et de la production de viande bovine.

Le développement de la méthanisation

Un méthaniseur est en capacité de « digérer » tout type de biomasse pour produire du biogaz et de l'azote réactif, utilisable de manière équivalente à de l'azote minéral. De ce point de vue, un méthaniseur est considéré comme une alternative efficace à un troupeau de bovins : il permet simultanément de maintenir des prairies (et donc la biodiversité qui y est associée) en valorisant l'herbe qu'elles produisent et d'assurer un transfert de fertilité de la prairie vers les terres cultivées, le tout en réduisant drastiquement les EGES puisque les méthaniseurs ne produisent pas de méthane par fermentation entérique (Couturier *et al.*, 2019). De ce point de vue, dans certains scénarios, la méthanisation s'avère indispensable pour la fertilisation, mais n'est pas principalement développée pour d'autres usages. Dans d'autres, elle est très développée car bénéfique pour l'économie, et le revenu des agriculteurs et permet la production de biogaz, qui peut se substituer au gaz produit à partir d'énergies fossiles. Dans une

troisième catégorie de scénario, notamment TYFA, il a été choisi de ne pas recourir à la méthanisation pour les deux principaux arguments cités ci-dessous :

- L'expérience des deux dernières décennies en la matière (concernant en particulier les agrocarburants en France (Schott, Mignolet and Meynard, 2010) et la méthanisation en Allemagne (Emmann, Guenther-Lübbers and Theuvsen, 2013)) nous enseigne en effet que le développement des installations de méthanisation a engendré une simplification des systèmes de culture sur les territoires dans lesquelles elles étaient implantées, là où une logique agroécologique nécessite au contraire d'aller vers leur rediversification.
- Le fait que l'azote issu du procédé est sous forme minérale et donc, avec les mêmes impacts que celui obtenu par synthèse.

OUI Pulse Fiction : augmentation de la méthanisation / ZEN2050 : développement et recours accru aux effluents d'élevage pour la méthanisation / Afterres2050, la méthanisation fournit du biogaz et de l'azote, ce qui permet de conserver les prairies naturelles et substituer l'azote de synthèse par de l'azote d'origine biologique / TYFA-GHG laisse de la place à la méthanisation pour produire du biogaz et davantage réduire les EGES que dans TYFA.

NON Aucune utilisation de la méthanisation dans prévue dans le scénario TYFA.

L'utilisation de technologies de capture de carbone à partir de biomasse

Ces technologies sont rarement abordées dans les scénarios qui ne cherchent pas à parvenir à la neutralité carbone ou ceux qui s'intéressent seulement au secteur Agriculture+Alimentation. Mais pour d'autres travaux, la capture de carbone est un levier majeur. C'est le cas dans ZEN2050, dans lequel la technique CCS est faiblement mobilisée (10MteqCO₂/an), mais l'on ne dispose pas de précisions sur la nature des sources de carbone (source fossile ou biomasse ?). Les autres scénarios ne mentionnent pas l'utilisation de cette technologie.

La priorité à l'usage en cascade du bois

OUI Dans ZEN2050, le développement des filières aval de transformation du bois est souhaité pour favoriser l'effet de substitution dans les matériaux et l'augmentation des prélèvements de bois en 2050, notamment pour des usages bois d'œuvre et, dans un second temps, pour des usages énergétiques. Bien que le scénario PulseFiction ne s'intéresse pas au secteur de la forêt à part entière, il recommande que les prélèvements de biomasse valorisent en priorité le bois d'œuvre (BO) et le bois d'industrie (BI), respectant ainsi la hiérarchie des usages avec le bois énergie (BE).

NON Dans Afterres2050, les prélèvements sont très importants, pour tous les usages, le BI est augmenté de 50% et le BE est en très forte augmentation. Cela rejoint les hypothèses faites dans négaWatt avec lequel Afterres2050 est couplé : accroissement très fort du bois énergie pour remplacer les énergies fossiles et nucléaires par de l'énergie biomasse. Cependant, dans ces scénarios, le bois utilisé pour l'énergie provient essentiellement de matières dérivées d'autres usages (ameublement, papiers/cartons, sous-produits des scieries...). Se pose alors la question de la faisabilité de ce levier.

L'autonomie alimentaire et la réduction des niveaux d'exportation

Comme mentionné plus haut, certains scénarios s'intéressent à la question de la sécurité alimentaire. Solagro affirme que la France doit prendre sa part dans la sécurité alimentaire mondiale mais sans fragiliser les agricultures vivrières locales. Dans son scénario, l'association fait l'hypothèse de l'arrêt des importations de soja mais pose l'hypothèse de l'augmentation des exportations de céréales à destination de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient ; le scénario PulseFiction met lui aussi en avant

ces idées-ci. Le scénario TYFA s'appuie lui aussi sur l'abandon des importations de protéines végétales mais veut garder une capacité d'exportation en céréales vers les pays méditerranéens (possible notamment grâce aux 8% de la SAU non utilisés pour l'alimentation des Européens et disponibles en raison de la diminution de la consommation de viande dont la production est très consommatrice de terres et de la baisse des prises alimentaires par personne et du gaspillage alimentaire).

4. La place des scénarios de l'ADEME parmi ceux étudiés

Dans cette partie je me suis attachée à regarder les leviers mobilisés dans les scénarios de l'ADEME pour réduire les EGES en comparaison des leviers mobilisés dans les travaux du corpus. Pour cela, j'ai repris l'intitulé des différents leviers relevés dans les parties précédentes, et j'ai regardé si chaque scénario de l'exercice prospectif énergie-ressource utilisait ces leviers pour parvenir à réduire les EGES de la France (Tableau 6).

Tableau 6. Identification des leviers mobilisés dans les scénarios de l'ADEME à ce stade

Source : auteur

	S1	S2	S3	S4
La réduction des cheptels et leur répartition sur le territoire	Oui et oui	Oui et oui	Oui et non	Oui et non
Le développement de la culture des légumineuses	Oui	Oui	Oui	Non
Le développement des cultures intermédiaires	Oui	Oui	Non renseigné à ce stade (NR)	NR
La diversification des systèmes de cultures	Oui	Oui	NR	Non
La priorité donnée aux usages alimentaires	Oui	Oui	Oui	Non
Des régimes alimentaires plus sains (moins de protéines animales notamment)	Oui	Oui	Non	Non
La réduction du gaspillage alimentaire	Oui	Oui	Oui	Oui
Le développement de l'économie circulaire et la valorisation des déchets	Oui	Oui	Oui	Oui
Le développement de l'agroécologie, de l'AB...	Oui	Oui	Oui	Oui
L'augmentation des surfaces forestières	Oui	Oui	Oui	Oui
La nature des cheptels à diminuer (ruminant ou granivore ?)	Ruminant	Ruminant	Ruminant	Très peu des deux
Le développement des biocarburants (surfaces dédiées ?)	Non	Non	Oui	Oui
Le développement des produits biosourcés (hors bois)	Oui (limité)	Oui (limité)	Oui	Oui
Le maintien, voire l'augmentation, des surfaces de prairies naturelles	Non	Non	Non	Non
Le développement de la méthanisation	Oui	Oui	Oui	Oui
L'utilisation de technologies de capture de carbone à partir de biomasse	Non	Non	Oui	Oui
La priorité à l'usage en cascade du bois	Oui	Oui	Oui	Non
L'autonomie alimentaire et la réduction des niveaux d'importation	Oui et oui	Oui et oui	Non	Non

Les leviers mobilisés dans les scénarios de l'ADEME pour réduire les EGES sont très similaires à ceux mobilisés dans les scénarios construits par les partenaires. Hormis le levier « le maintien, voire l'augmentation, des surfaces de prairies naturelles », tous les autres leviers le sont dans au moins un des quatre scénarios énergie-ressource. Les scénarios de l'ADEME sont très diversifiés. Ils tiennent tous compte de différents enjeux environnementaux et sociaux, en cela ils peuvent être considérés comme des scénarios multithématiques. Leur ambition est de parvenir à atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et non, plus simplement, de réduire les EGES. Ils sont très détaillés que ce soit au niveau des données narratives ou au niveau de la quantification des données (même s'ils sont encore en construction) et notamment en ce qui concerne les thématiques de la bioéconomie.

Pour les plus sobres (S1 et S2), ils mettent en avant un vrai changement dans les logiques de production. Une réelle priorité est donnée à l'alimentation. Tous les usages non alimentaires de la biomasse sont modérément développés pour ne pas épuiser les sols, la forêt et les autres ressources naturelles¹⁰. Tout cela est permis par l'hypothèse de réduction des niveaux de consommation. Ces scénarios font donc partie, parmi les scénarios des travaux prospectifs du corpus, de ceux qui mobilisent peu les différentes thématiques de la bioéconomie pour réduire les EGES, que ce soit à l'échelle française ou européenne.

Le S3 et le S4, quant à eux, s'appuient sur des logiques peu contraignantes pour l'offre et la demande, en conséquence, les niveaux de consommation globaux ne diminuent pas. Pour contrebalancer l'augmentation des EGES que cela pourrait engendrer, la bioéconomie et les usages non alimentaires de la biomasse sont fortement développés (augmentation des quantités produites de biocarburants et de produits biosourcés) et des techniques de capture et stockage de carbone, de manière non naturelle, sont fortement développées (CCS, BECCS, DACCS). Ces scénarios sont plus tournés vers la technologie et l'innovation et mobilisent fortement les leviers de la bioéconomie pour parvenir à la neutralité carbone à l'horizon 2050. En cela ils peuvent être rapprochés des scénarios des travaux prospectifs du corpus qui mobilisent le plus les leviers de la bioéconomie pour réduire leurs EGES, comme le scénario de la Commission Européenne ou celui de l'IEEP.

Enfin, pour aller plus loin, il m'a paru intéressant de mentionner ici certains des leviers repérés dans des scénarios des travaux du corpus. Les experts de l'ADEME pourraient gagner à mobiliser certaines de ces hypothèses et initiatives. Par exemple, dans *Pulse Fiction* il est recommandé de valoriser les animaux de réforme (poules pondeuses par exemple) en restauration collective ou entreprises agroalimentaires. Aujourd'hui c'est déjà le cas au sein de certaines AMAP -Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne- et cela constitue un levier intéressant à questionner. De plus, dans ZEN2050, le scénario souligne le besoin de mettre en place des modèles économiques cohérents (incitations, investissements, réglementation) pour réduire les EGES et notamment de mettre en place un prix du carbone européen. Pour finir, dans le scénario Sobriété savante du CGAAER, l'hypothèse de la baisse de la demande alimentaire en 2050 s'appuie sur des progrès scientifiques liés au microbiote (FNR, 2018 ; Dore *et al.*, 2017). Ceci pourrait être repris dans les narratifs des scénarios de l'ADEME (notamment S1 et S2) pour justifier la baisse de la quantité de protéines à ingérer pour l'alimentation humaine.

Dans l'ensemble, le même degré de mobilisation des leviers de la bioéconomie dans les scénarios n'est pas observé. Ce à quoi on pouvait s'attendre compte tenu du périmètre vaste du secteur, de sa complexité et des débats qui existent concernant sa place dans la transition. Les usages des

¹⁰ En réalité, tous les experts ne sont pas d'accord sur ce point-là. Il existe quelques tensions entre les experts du côté de la ressource qui imaginent plutôt une réduction des prélèvements de bois en forêt et donc des usages alors que du côté des usages, les experts envisagent un développement modéré mais réel du chauffage au bois, de la construction/rénovation au bois..., et donc une augmentation des prélèvements plutôt significative.

bioproduits sont très peu traités dans les scénarios multithématiques, la place de la forêt varie énormément en fonction des objectifs du scénario : préserver le puits de carbone ou substituer davantage les produits biosourcés aux produits d'origine fossile. Certains scénarios (TYFA), ne laissent aucune place à la bioéconomie, pour des usages non alimentaires, en l'état actuel des choses bien qu'il soit dit dans le rapport de l'IDDRI, que la bioéconomie est considérée comme une composante importante de la transition vers une société bas-carbone (Poux and Aubert, 2018). D'autres scénarios font de la bioéconomie le levier majeur pour parvenir à réduire drastiquement nos EGES (travail prospectif du SCAR). Cette dernière voit son développement fortement augmenté dans certains scénarios, dans lesquels son développement s'appuie sur l'utilisation de nouveaux stocks de biomasse : les algues et les insectes.

Les résultats de l'analyse montrent que ce sont les scénarios qui mobilisent un maximum les leviers de la bioéconomie qui parviennent à proposer un futur le moins émetteur de GES.

IV. Discussion

A. Limites et perspectives du travail de modélisation conceptuelle de la bioéconomie

Dans l'ensemble, j'ai rencontré des difficultés à bien croiser toutes les variables de l'exercice et certains schémas ont bien été revus et relus par les experts du SFAB, d'autres moins. Cela pose une limite à mon travail. Un enjeu de la modélisation consistait aussi à parvenir à déterminer celles qui étaient définies par l'offre ou par la demande (et donc quel était le service pilote pour chiffrer les variables) et ainsi trouver un sens aux relations (la flèche va-t-elle de la variable A à la variable B, ou de la variable B à la variable A ; par exemple, sont-ce les niveaux de prélèvements de bois en forêt qui déterminent les capacités de production des produits biosourcés à base de bois ou l'inverse ?). Les deux méthodes existent et la difficulté interne rencontrée par la plupart des experts travaillant sur l'exercice prospectif est liée au fait qu'il leur est demandé d'avancer à la fois sur l'offre et la demande, de front, pour ensuite essayer de mettre en cohérence. De plus, certains des schémas traitent de notions et variables qui ne font pas consensus (schéma Forêt et schéma Produits Biosourcés (Figure 9) notamment). Le secteur de la forêt est un exemple marquant du manque de consensus entre les acteurs. Les scénarios (de l'ADEME et ceux des partenaires) convergent peu sur les modes de gestion de la forêt et les quantités de prélèvement de bois. Certains prônent une gestion plus intensive, d'autres font des hypothèses de diminution des prélèvements de bois en forêt. Il existe peu d'études prospectives sur l'avenir de la forêt et surtout son évolution vis-à-vis du changement climatique. Cela constitue une limite majeure à l'établissement des scénarios forestiers.

Une possibilité d'approfondissement de mon travail réside dans le fait qu'il serait possible de mieux schématiser la notion d'impact environnemental des productions et produits. De façon générale, la notion d'impact environnemental, est inhérente à l'ensemble des schémas. Il faut bien garder en tête que dans un prisme de bioéconomie durable, l'un des facteurs d'influence majeur des quantités de production (que ce soit cheptels, produits biosourcés, biocarburants...) est l'impact environnemental que ces produits peuvent avoir. Et qu'effectivement, si l'impact environnemental de la production de chanvre pour en faire du béton de chanvre n'est pas meilleure que celui d'un béton traditionnel, cette filière risque de ne pas se développer. La méthode de schématisation que j'ai choisie ne m'a pas permis de tenir compte de toutes les relations qu'ont les variables clés de la bioéconomie avec l'environnement.

D'autre part, à la suite de mes travaux, certaines questions sous-jacentes à l'intégration de la bioéconomie dans l'exercice de prospective se posent toujours, telles que : « Quels impacts sur la

biodiversité ? », « Comment contenir l'artificialisation des terres ? », « Quels sont les impacts du changement climatique sur les secteurs de la bioéconomie et comment s'y adapter ? ». La place que peut prendre la bioéconomie dans les processus de réduction des EGES de la France reste encore incertaine car dépendante, à l'échelle de l'ADEME, d'une nécessité de mieux définir les hypothèses de la scénarisation, et à une échelle encore plus large, d'un besoin de mieux appréhender l'impact du changement climatique sur les systèmes de production de la biomasse. Il pourrait être pertinent de s'intéresser à la notion de résilience des variables face aux impacts à venir du changement climatique aux horizons 2030, 2050 et 2100. La modélisation conceptuelle détaillée proposée ici permettra d'aider l'ADEME dans ces réflexions, en apportant une vision la plus exhaustive possible des liens étroits tissés entre les multiples secteurs de la bioéconomie. Ce manque de connaissance sur l'évolution des variables des systèmes de production face au changement climatique est une réelle difficulté à laquelle sont confrontés les experts du SFAB impliqués dans le projet prospectif et devant fournir des hypothèses et des données sur l'évolution de leurs variables. En effet, comment faire des hypothèses d'augmentation des prélèvements de bois en forêt alors même que l'on ne sait pas comment réagiront les arbres et les différentes essences face à l'augmentation des températures et le développement de nouvelles maladies ?

B. Discussion autour des enseignements tirés de mon travail d'analyse des travaux de prospective et perspectives

Une des difficultés de la revue de la littérature était le manque d'accès aux données détaillées pour pouvoir comparer de façon objective l'ensemble des scénarios et y placer ceux de l'ADEME, pour lesquels, a contrario, je possédais beaucoup de données et documents internes.

Le travail de revue de la littérature et d'analyse des travaux du corpus était ambitieux, bien que l'ensemble du travail mené ici porte uniquement sur la vision de la bioéconomie à l'ADEME et au sein d'un certain nombre de scénarios de prospective. De nombreux autres travaux s'intéressent à certaines thématiques de la bioéconomie et à ses contributions pour réduire les EGES. Cependant, ils ne relevaient pas du cadre d'étude, défini dans la méthodologie, mais ils constituent un aspect clé qui pourrait être approfondi pour comprendre la place de la bioéconomie comme secteur à l'origine de la réduction des EGES.

L'analyse de la littérature a montré que de nombreux auteurs (l'ADEME, la Commission Européenne, l'IDDRI, l'IEEP, les associations négaWatt et Solagro, le SCAR, le comité epe ou encore le MAA) s'accordent pour dire que le développement de la bioéconomie permet de réduire les EGES puisqu'elle permet de substituer des productions fossiles (matériaux, énergies), par la biomasse, non émettrice. Cependant, la bioéconomie ne devrait pas se développer de manière non durable. Effectivement il faut prendre en compte que la biomasse n'est pas une source de matière infinie et qu'il faut correctement la partager selon les différents usages, tout en l'exploitant dans le respect de l'environnement (sol, biodiversité, eau...). Et il faut aussi, si l'on veut atteindre la neutralité carbone, comme c'est l'objectif de la France pour 2050, que le développement de l'utilisation de la biomasse ne soit pas fait au détriment du stockage de carbone dans les milieux naturels (notamment dans les sols et la forêt). Si le développement des productions et usages de biomasse se fait au détriment de la santé des écosystèmes, ceux-ci ne seront plus capable de stocker suffisamment de carbone pour compenser de manière naturelle, nos émissions de carbone.

Mon travail souligne le fait qu'on ne peut pas simplement regarder la place de la bioéconomie pour réduire les EGES, il faut aussi prendre en compte tout ce que son développement peut engendrer d'autre. Certains scénarios, notamment TYFA, n'utilisent que très peu les différentes possibilités de développement de l'utilisation de la biomasse pour des enjeux autres que l'alimentation car son développement engendre des externalités négatives pour l'environnement et certains enjeux sociaux.

Pour réduire les EGES, le plus simple reste tout de même de diminuer les niveaux de consommation (de produits, de mobilité, d'énergie...). Il s'agit alors de penser une refonte profonde de nos modes de vie, qui peut être à la fois difficile à accepter, autant par la population que par les modèles économiques en place.

C. Approche économique de la bioéconomie et perspectives

Jusque-là, très peu de ponts étaient fait entre mon analyse et l'analyse économique. Une marge importante d'approfondissement réside donc dans la prise en compte des outils proposés par l'analyse économique pour évaluer quels leviers bioéconomiques pourraient être mobilisés pour changer les systèmes de production et réduire les EGES et, ainsi participer à la lutte contre le réchauffement climatique.

Malgré des divergences d'opinion entre les économistes sur la définition de la bioéconomie, il est possible d'en proposer une définition plus économique : « la bioéconomie est une subordination de l'économie aux outils de régulation par lesquels la biosphère préserve sa reproduction dans le temps long » (Pouch, 2020). Cette définition est plutôt semblable à celle qu'en fait l'ADEME car elle intègre la notion de préservation.

Les caractéristiques des ressources naturelles ont, pendant longtemps, mal été prises en compte dans les théories économiques classiques. Ces caractéristiques sont désormais davantage prises en compte dans les modèles bioéconomiques, qui sont des modèles microéconomiques de gestion des ressources naturelles (Delgoulet and Pahun, 2015). Développés en particulier par Gordon Clark dans les années 1970, ils ont depuis été repris par un grand nombre d'autres économistes et mathématiciens dont Nicolas Georgescu-Roegen, pour qui, « l'environnement est ce qui englobe et gouverne l'activité économique, et non ce qui l'entoure et peut être intégré à la marge ». Ces modèles sont particulièrement utilisés pour la gestion des stocks halieutiques (Ropars-Collet, 2020). D'autres modèles bioéconomiques sont plus adaptés pour le cas des productions agricoles (Jacquet and Flichman, 2003) : le couplage des modèles économiques et agronomiques se base sur la modélisation agronomique des techniques de production intégrée à un modèle économique et sur l'incidence de ces techniques en termes de rendements et d'externalités environnementales.

Tous les modèles mentionnés précédemment soulèvent la notion de prise en compte des externalités. Comme je l'ai plusieurs fois mentionné dans mes résultats, le développement d'une bioéconomie non durable et intensive peut engendrer un grand nombre d'externalités négatives pour l'environnement et certains enjeux sociaux. Avec le développement de la bioéconomie, la raréfaction de certaines ressources naturelles, l'érosion de la biodiversité qu'elle engendrent..., ne peuvent faire l'objet d'un calcul économique rationnel. Il en résulte qu'il paraît compliqué de parvenir à une internalisation des externalités, sans, notamment, faire appel au fameux principe du « pollueur-payeur » qui reporterait sur les émetteurs d'externalités des taxes dont la finalité est de couvrir les coûts qu'ils engendrent. Face à cette défaillance du marché se pose la question de l'intervention de l'Etat. Est-elle nécessaire pour accompagner le développement de la bioéconomie durable sur un marché économique peu propice à la prise en compte des externalités environnementales, qu'elles soient positives ou négatives ?

Enfin, une autre piste d'approfondissement de mon travail pourrait être une réflexion sur les indicateurs à mettre en place pour mesurer le développement de la bioéconomie et ses résultats. Pour renouer croissance économique et préservation de l'environnement il est nécessaire d'analyser les coûts et les bénéfices d'une transition vers la bioéconomie durable. Thierry Pouch, dans son article d'économie agricole tente d'amorcer la construction de tels indicateurs (Pouch, 2020).

Conclusion

Avant de répondre à la question « quelles contributions la bioéconomie peut apporter dans un scénario de prospective de réduction des EGES ? », il faut comprendre comment la bioéconomie fonctionne, quelles en sont les variables principales et surtout quels sont ses liens avec les autres secteurs. C'est ce que je me suis attachée à faire au travers de ma première mission en réalisant un modèle conceptuel de la bioéconomie à l'ADEME. Celui-ci illustre la place importante de la bioéconomie au sein des problématiques de l'Agence et la complexité des relations que ce secteur a avec les autres. Le développement de la bioéconomie ne peut se faire sans une prise de recul sur ses liens avec les autres secteurs tant les thématiques de la bioéconomie sont multiples et toutes interconnectées.

L'étude de tous les scénarios confirme que la bioéconomie est un secteur à mobiliser pour réduire les EGES. Une grande diversité de levier sont mobilisés dans les travaux de prospective étudiés. En effet, ce sont les scénarios qui mobilisent le plus la bioéconomie et ses filières qui parviennent à réduire au maximum les EGES. L'utilisation de la biomasse à des fins autres qu'alimentaires est la clé d'une forte réduction des EGES. Il y a un intérêt certain pour la transition aux usages non alimentaires de la biomasse (matériaux, énergie...) pour les substituer aux énergies fossiles et à nos modes de consommations qui émettent. Cependant, il paraît quasiment impossible de développer la bioéconomie de manière intensive tout en respectant l'environnement. Bien que le développement de la bioéconomie semble être un excellent levier, il faudrait être vigilant quant aux risques environnementaux liés à l'intensification des filières et au risque d'épuisement des ressources (sol, eau, bois, ...)

En effet, plusieurs scénarios montrent alors qu'il est possible de réduire une partie de nos EGES sans pour autant faire un usage intensif de la bioéconomie. Ces scénarios défendent l'idée, à travers la prise en compte des enjeux environnementaux dans leurs modèles (biodiversité, état des sols, ressources en eau...) qu'il serait préférable que la bioéconomie qui se développe soit durable, comme le préconise l'ADEME à travers sa stratégie pour une bioéconomie durable. Par ailleurs, le développement d'une bioéconomie non durable n'apparaît pas compatible avec les objectifs d'atteinte de la neutralité carbone avancées dans la SNBC. La neutralité carbone ne pourra pas être atteinte si l'on n'augmente pas nos capacités de stockage de carbone dès maintenant et sur le long terme. Et cela ne pourra pas être fait si les écosystèmes sont déséquilibrés et trop épuisés pour continuer à stocker du carbone.

Enfin, le développement de la bioéconomie durable, qui repose sur une production et un usage raisonné des biomasses, ne peut se faire, sans une bonne connaissance et une prise en compte des impacts du changement climatique sur nos systèmes de production actuels et futurs. En effet, afin de pouvoir appréhender comment la bioéconomie peut participer efficacement à réduire nos EGES, il faudra que ses filières tiennent compte de l'impact du changement climatique et réfléchir dès aujourd'hui à des trajectoires d'adaptation pertinentes prenant en compte les subtiles connexions qui les relient parfois.

Ainsi, de manière générale, un enjeu majeur pour que la bioéconomie durable participe à réduire nos EGES de manière cohérente est de parvenir à un équilibre entre prélèvement et développement des biomasses, tout en préservant autant que possible les milieux et en tenant compte des impacts du changement climatique.

Bibliographie

- ADEME (2014a) *La biomasse agricole - nos expertises*, ADEME. Available at: <https://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/chiffres-cles-observations/biomasse-agricole> (Accessed: 27 August 2020).
- ADEME (2014b) 'L'exercice de prospective de l'ADEME - "Visions 2030-2050"'. ADEME Editions. Available at: https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/85536_scenarios_2030_2050_synthese_0613.pdf (Accessed: 10 July 2020).
- ADEME (2018) 'Stratégie de l'ADEME pour une bioéconomie durable 2017-2022. Sol, agriculture, alimentation, forêt, produits biosourcés.' ADEME Editions.
- ADEME (2020) *Expertises, Produire autrement, Produits biosourcés*, ADEME. Available at: <https://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/produits-biosources> (Accessed: 27 June 2020).
- ALCIMED pour le compte de l'ADEME (2015) 'Marchés actuels des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030'. ADEME Editions.
- Association négaWatt (2017) 'Scénario négaWatt 2017-2050. Dossier de synthèse'.
- Association négaWatt (2018) 'Scénario négaWatt 2017-2050. Hypothèses et résultats'.
- Association Solagro (2016) *Afterres2050*. Association Solagro, p. 96.
- Attali, C. et al. (2012) *Les usages non alimentaires de la biomasse*. rapport de mission tome 1, p. 103.
- Aubert, P.-M., Schwoob, M.-H. and Poux, X. (2019) 'Agroécologie et neutralité carbone en europe à l'horizon 2050 : quels enjeux ?', *Décryptage*, (05/19), p. 4.
- Bilotta, G. S., Milner, A. M. and Boyd, I. (2014) 'On the use of systematic reviews to inform environmental policies', *Environmental Science & Policy*, 42, pp. 67–77. doi: 10.1016/j.envsci.2014.05.010.
- Bishop, P., Hines, A. and Collins, T. (2007) 'The current state of scenario development: an overview of techniques', *Foresight*, 9(1), pp. 5–25. doi: 10.1108/14636680710727516.
- Brunori, G. (2013) 'Biomass, Biovalue and Sustainability : Some Thoughts on the Definition of the Bioeconomy', *EuroChoices*, 12(1), pp. 48–52. doi: 10.1111/1746-692X.12020.
- Caevel, B. D. and Ooms, M. (2005) 'Typologie des enjeux environnementaux et usage des différentes méthodes d'évaluation environnementale, notamment dans le domaine des déchets et des installations industrielles', p. 100.
- Castel, N. (2020) *Mobiliser et coordonner des expertises en modelisation prospective pour mesurer et analyser les enjeux d'une neutralité carbone - Le cas des visions ADEME 2021*. mémoire de thèse professionnelle. AgroParisTech et Ecole des Ponts.

CGAAER (2020) *AGRI 2050, Une prospective des agricultures et des forêts françaises à l'horizon 2050*. 18066, p. 198.

Climact (2018) *Net Zero by 2050 : From whether to how*, p. 35.

Commission Européenne (2012) *Une nouvelle stratégie en matière de bioéconomie pour une Europe durable*, Commission européenne - European Commission. Available at: https://ec.europa.eu/commission/news/new-bioeconomy-strategy-sustainable-europe-2018-oct-11-0_fr (Accessed: 26 June 2020).

Commission Européenne (2018a) *A Clean Planet for All : A European Long-term Strategic Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy*. Bruxelles.

Commission Européenne (2018b) *Knowledge for policy - bioeconomy - economy, Knowledge for policy - European Commission*. Available at: https://ec.europa.eu/knowledge4policy/bioeconomy/topic/economy_en (Accessed: 7 August 2020).

Couturier, C. et al. (2019) 'La méthanisation rurale, outil des transitions énergétiques et agroécologiques'. Association Solagro.

Delgoulet, É. and Pahun, J. (2015) 'Bioéconomie : enjeux d'un concept émergent', *Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt*, (Document de travail numéro 10), p. 32.

Dore, J. et al. (2017) *Dossier de presse INRA 2017 : microbiote, la révolution intestinale*. INRA, p. 28.

Emmann, C. H., Guenther-Lübbers, W. and Theuvsen, L. (2013) 'Impacts of Biogas Production on the Production Factors Land and Labour – Current Effects, Possible Consequences and Further Research Needs', *International Journal on Food System Dynamics*, 4(1), pp. 38–50.

epe (2019) *ZEN 2050 - imaginer et construire une France neutre en carbone*, p. 88.

EUROBSERV'ER (2019) *Etat des énergies renouvelables en Europe - Edition 2019, 19e bilan EurObserv'ER*. baromètre, p. 154.

Fischer, J. et al. (2014) 'Land Sparing Versus Land Sharing: Moving Forward', *Conservation Letters*, 7(3), pp. 149–157. doi: 10.1111/conl.12084.

FNR (2018) *Pour une recherche liant microbiote intestinal et régime alimentaire*. Available at: <https://www.science.lu/fr/fnr-awards-2017/pour-une-recherche-liant-microbiote-intestinal-regime-alimentaire> (Accessed: 5 August 2020).

GIEC (2018) *Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre*.

GIEC (2019) *Résumé à l'intention des décideurs, Changement climatique et terres émergées : rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des*

sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre. Available at: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Fullreport-1.pdf>.

Godet, M. (2007) *Manuel de prospective stratégique – L'Art et la méthode*. (Dunod).

IEEP (2019) *Net-Zero Agriculture in 2050 : How to get there*, p. 23.

INRAE (2019) *Bioéconomie – Dictionnaire d'agroécologie, dicoAE - dictionnaire d'agroécologie*. Available at: <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/bioeconomie/> (Accessed: 4 August 2020).

International Energy Agency (2018) *Data tables – Data & Statistics, IEA*. Available at: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables> (Accessed: 7 August 2020).

Jacquet, F. and Flichman, G. (2003) 'Le couplage des modèles agronomiques et économiques : intérêt pour l'analyse des politiques', *Cahier d'Economie et de Sociologie Rurales, INRA*, 67, pp. 51–59.

de Jouvenel, H. (2003) 'La démarche prospective, Un bref guide méthodologique', *Les DOCS d'ALEPH*, (7), p. 15.

Julien, P.-A. et al. (1975) *La méthode des scénarios : une réflexion sur la démarche et la théorie de la prospective*. la Documentation française. Paris, France (59).

Lamblin, V. (2017) 'Prospective and Strategic Foresight Toolbox - L'outil "fiche variable"'. Futuribles international.

Ministère de la transition écologique et solidaire (2020) *Stratégie Nationale Bas-Carbone*. France: Ministère de la Transition Ecologique, p. 192.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (2017) 'Une stratégie bioéconomie pour la France - enjeux et vision'.

Pellerin, S. et al. (2019) *Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?* INRA, p. 114.

Phan, C. and Plouhinec, C. (2020) *Chiffres clés des énergies renouvelables - Édition 2020*. Ministère de la Transition Ecologique, p. 92.

Pouch, T. (2020) 'Les agriculteurs face à un nouveau référentiel : la bioéconomie', *Analyses et Perspectives*, (n°2009), p. 4.

Poux, X. and Aubert, P.-M. (2018) 'Une Europe agroécologique en 2050 : une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine. Enseignements d'une modélisation du système alimentaire européen', *IDDRI-AScA*, (Study N°09/18), p. 78.

Poux, X. and Aubert, P.-M. (2019) 'Agriculture et changement climatique : analyse et enseignements d'approches prospectives', (234), p. 15.

Renaud, J., Martin, V. and Dagenais, P. (2013) *Les normes de production des revues systématiques: guide méthodologique*. Montréal: Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS).

Ropars-Collet, C. (2020) 'Cours à Agrocampus Ouest - Economie des ressources naturelles'.

Roux, A. *et al.* (2017) *Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050*. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation et l'IGN. INRA, IGN.

SCAR (2015) 'Sustainable agriculture, forestry and fisheries in the bioeconomy: a challenge for Europe : 4th SCAR foresight report.'

Schmid, O., Padel, S. and Levidow, L. (2012) 'The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective', *Bio-based and Applied Economics*, 1(1), pp. 47–63.

Schott, C., Mignolet, C. and Meynard, J.-M. (2010) 'Les oléoprotéagineux dans les systèmes de culture : évolution des assolements et des successions culturales depuis les années 1970 dans le bassin de la Seine', *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 17(5), pp. 276–291. doi: 10.1051/ocl.2010.0334.

Schwoob, M.-H., Aubert, P.-M. and Poux, X. (2019) 'Agroecology and carbon neutrality in europe by 2050: what are the issues? Findings from the tyfa modelling exercise', *IDDRI-AScA*, (N°02/19), p. 52.

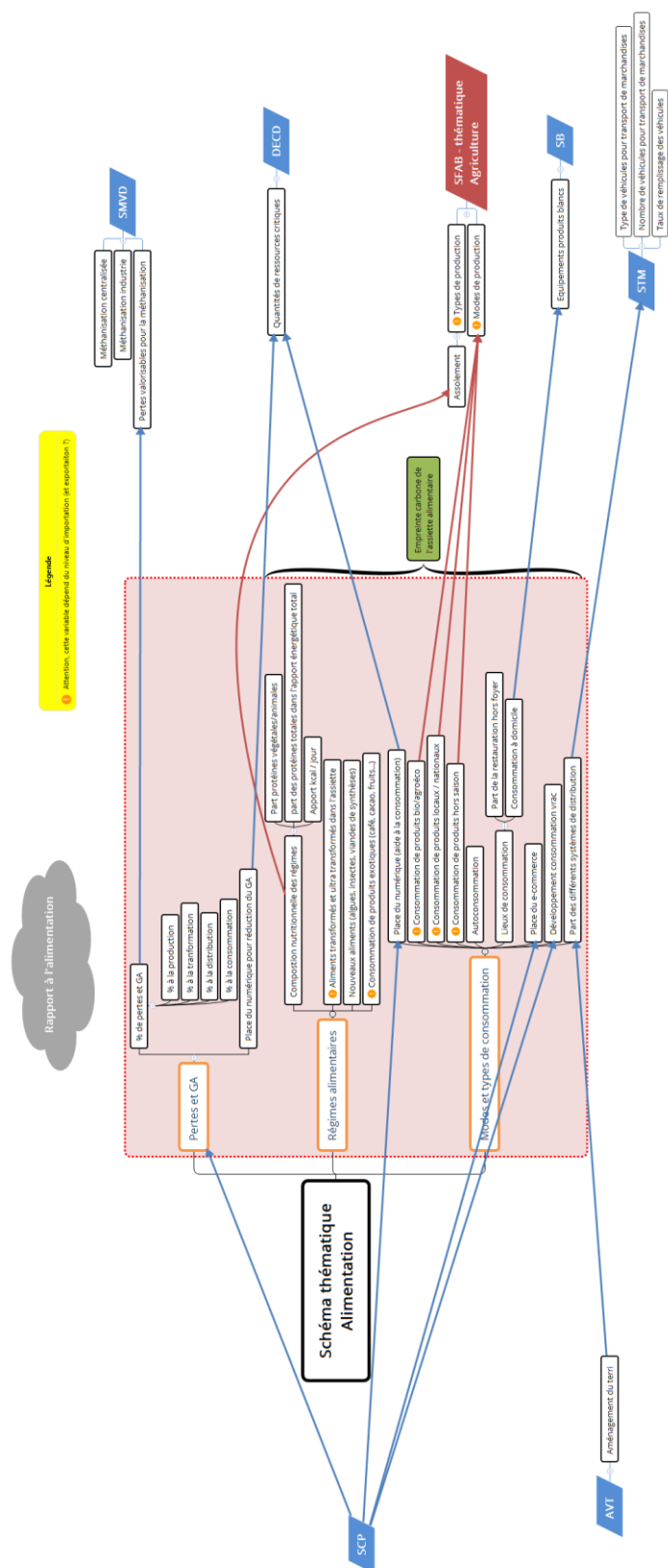
Smith, P. *et al.* (2010) 'Competition for land', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), pp. 2941–2957. doi: 10.1098/rstb.2010.0127.

Tibi, A. *et al.* (2020) *Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050 - Entre enjeux climatiques et défis de la sécurité alimentaire*. Rapport de synthèse de l'étude. INRAE, p. 163.

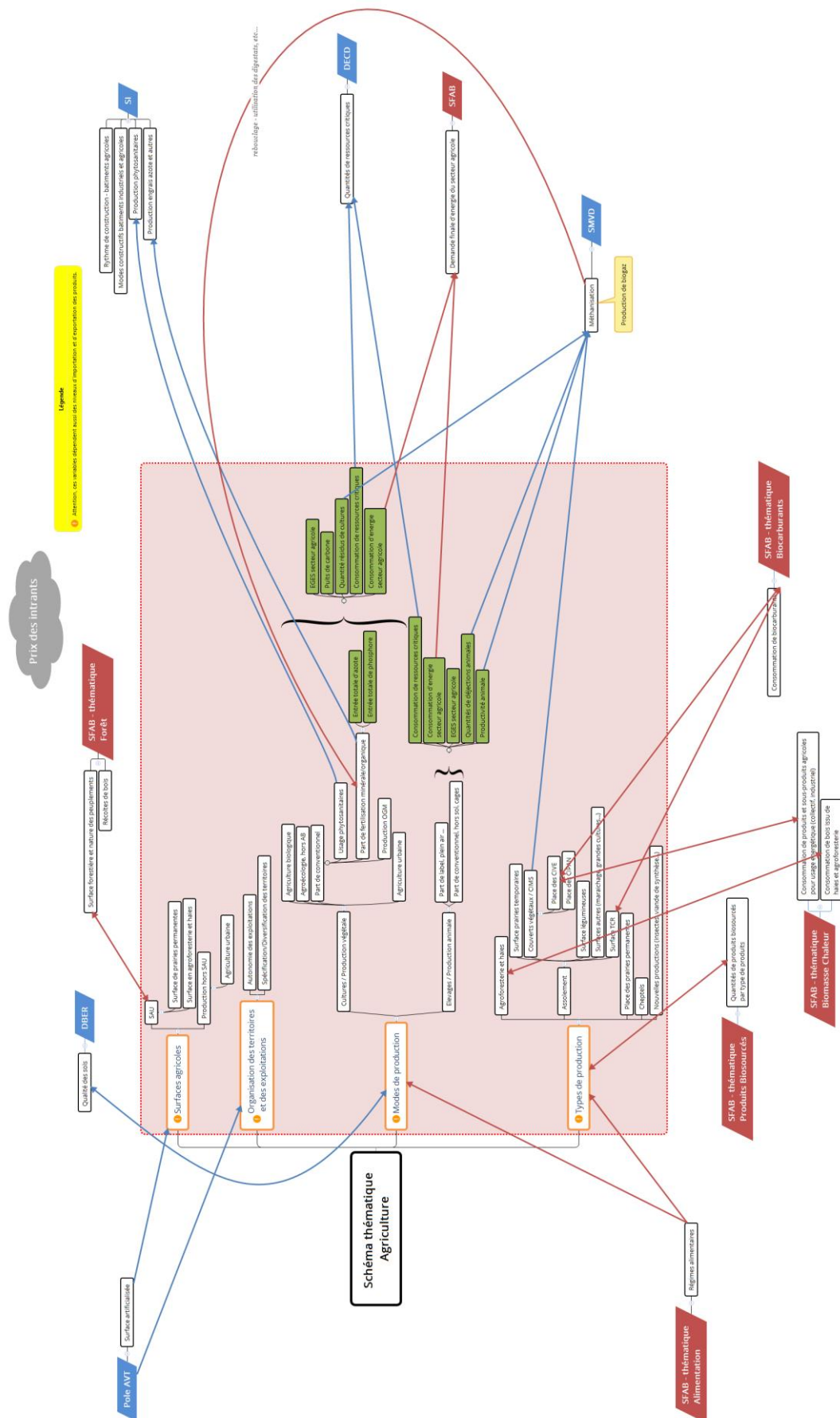
WWF (2019) *Pulse Fiction, pour une transition agricole et alimentaire durable*, p. 39.

Annexes

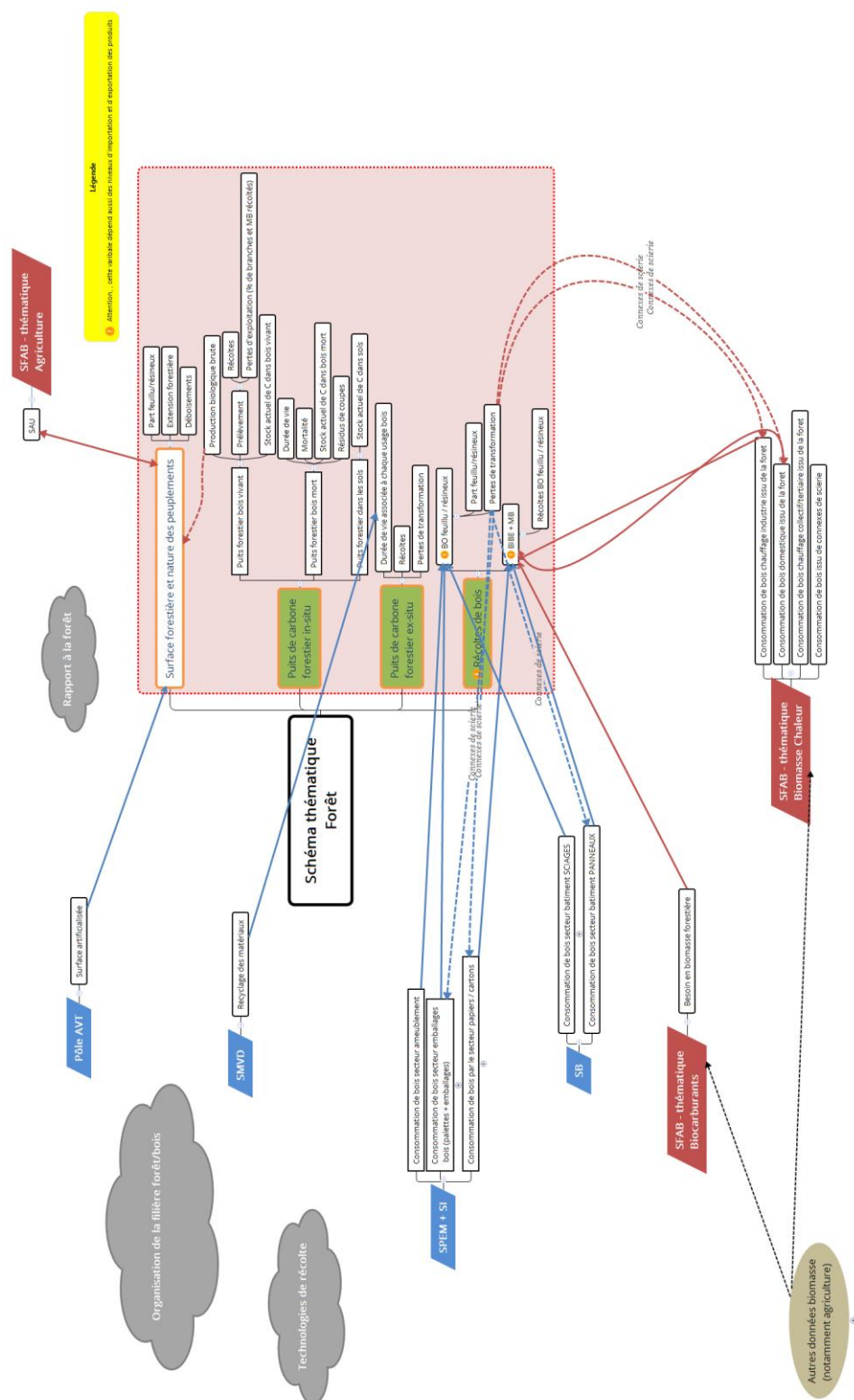
Annexe I.1. Schéma conceptuel de la thématique Alimentation



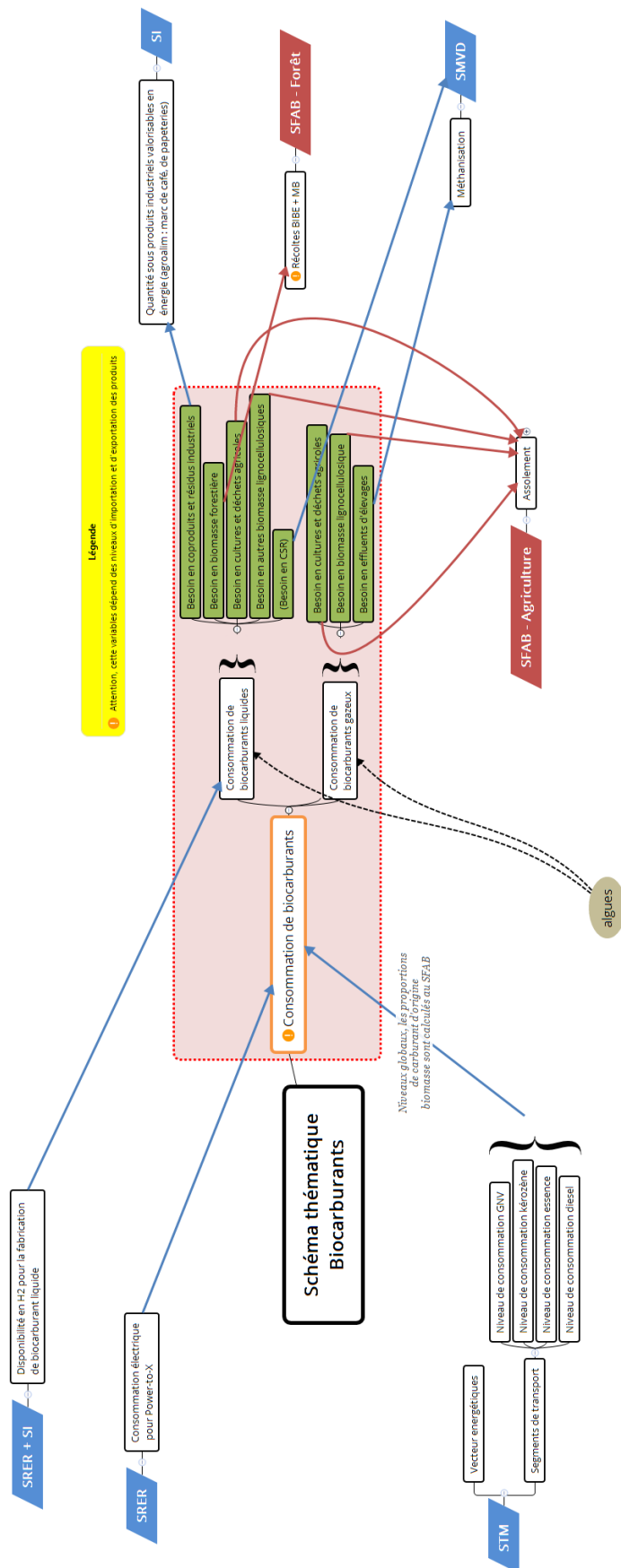
Annexe I.2. Schéma conceptuel de la thématique Agriculture



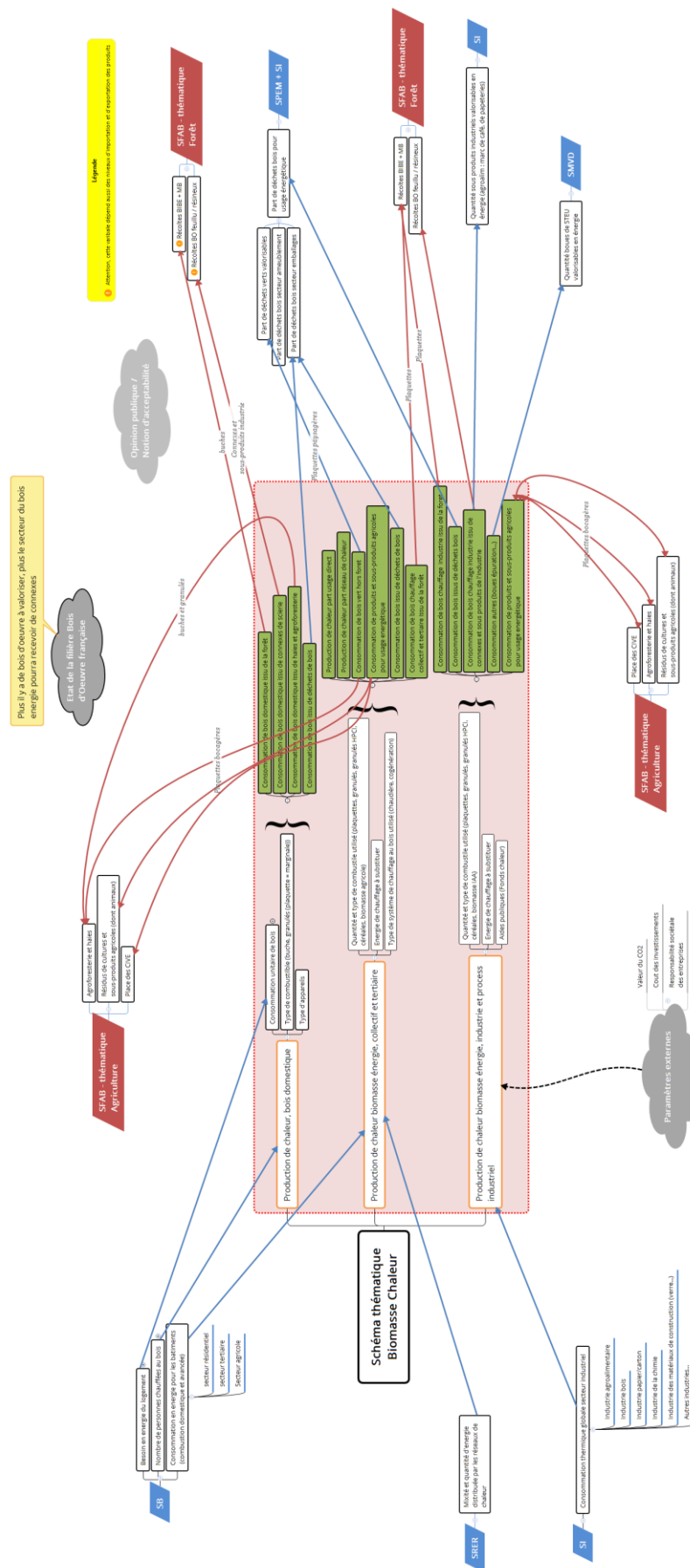
Annexe I.3. Schéma conceptuel de la thématique Forêt



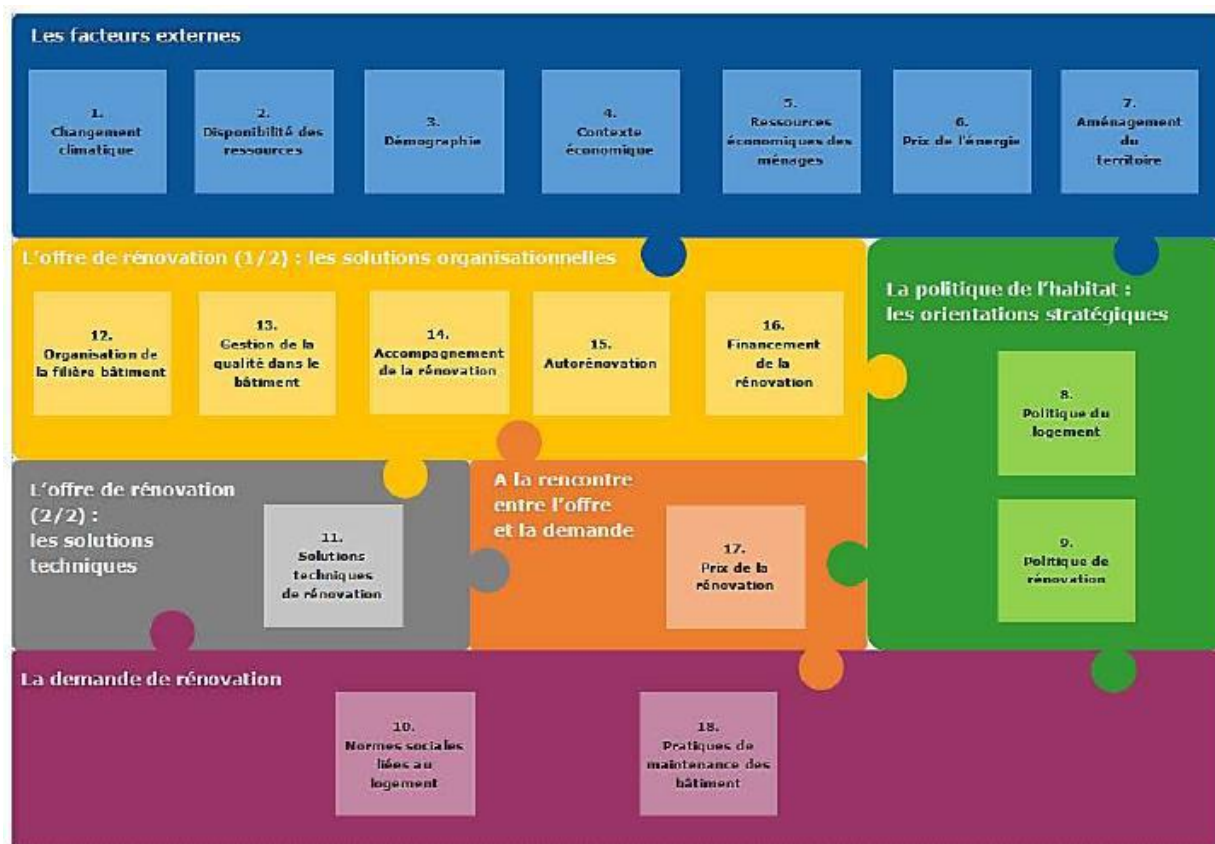
Annexe I.4. Schéma conceptuel de la thématique Biocarburants



Annexe I.5. Schéma conceptuel de la thématique Biomasse Chaleur



Annexe II. Modèle conceptuel des facteurs influençant la rénovation des logements en France, travaux d'Albane Gaspard – ingénieure ADEME



Annexe III. Tableau des experts mobilisés dans le cadre de mon projet

Thématique	Noms
Alimentation	Sarah Martin
Agriculture	Antoine Pierart, Audrey Trévisiol, Thomas Eglin, Nicolas Tonnet, Jérôme Mousset
Forêt	Miriam Buitrago, Alba Departe
Produits biosourcés	Isabelle Hebe
Biocarburants	Bruno Gagnepain
Biomasse Chaleur	Florence Proharam, Alice Fautrad, Simon Thouin, Sylvain Bordebeure

Annexe IV. Description des variables et concepts associés

Régimes alimentaires : ils désignent les façons dont se nourrissent les êtres vivants. Cette variable englobe la composition nutritionnelle des régimes mais aussi les types de produits consommés.

Pertes et gaspillage alimentaire : ensemble des pertes et gaspillages alimentaires, sur l'ensemble des étapes de la production à la consommation, toutes filières alimentaires confondues. Il s'agit de toute nourriture destinée à la consommation humaine qui est perdue, jetée ou dégradée.

Modes de production et de consommation : cette variable regroupe à la fois les modes de production agricole (voir définition associée plus bas) et les modes de consommation alimentaires. Cette variable englobe donc les types de produits : locaux/biologiques/exotiques/de saison... ; ainsi que la façon dont ils sont consommés : transformés/à domicile...

Surfaces agricoles : elles regroupent les surfaces agricoles utiles et toutes les autres surfaces destinées à la production de biomasse agricole (production hors sol, production urbaine...).

Modes de production : désigne la façon dont les différents facteurs de production sont utilisés pour produire une ressource. Ils englobent à la fois les techniques de production culturale et des élevages et sont très variés : agriculture conventionnelle, agriculture biologique...

Types de production : cette variable regroupe toutes les productions agricoles, que ce soit des productions végétales (cultures, couverts végétaux, prairies, agroforesterie) ou animales.

Organisation des territoires et des exploitations : regroupe les caractéristiques des exploitations (nombre d'employés, nombre d'hectares...) et les types de territoires. Sont-ils soumis à des logiques de spécialisation, diversification... ?

Récoltes de bois = prélèvements de bois – pertes. Cette variable regroupe à la fois les récoltes de BO, de BI et de BE. De nombreux enjeux sont associés à cette variable (voir figure ci-dessous)

Surfaces forestières et nature des peuplements : cette variable regroupe la notion de surface forestières (surfaces de forêts et bois en France) et de nature des peuplements. La distinction est principalement faite entre résineux et feuillus.

Puits de carbone (in-situ et ex-situ) : stock de carbone se trouvant à la fois dans le bois vivant, le bois mort et les sols en forêt ainsi que celui se trouvant dans les produits bois.

Consommation de biocarburants : il s'agit de la quantité de biocarburant consommés sur le territoire français, qu'ils soient liquides ou gazeux, de première ou de deuxième génération.

Quantité de produits biosourcés par type de produits : cette variable fait la somme des quantités de produits biosourcés produites et consommées sur le territoire français, pour des usages matériaux et matières. Elle n'englobe pas le bois.

Production de chaleur, bois domestique : il s'agit de la chaleur produite à partir de la combustion du bois ou de ses dérivés, pour des usages domestiques. Cette variable est le résultat de la combinaison plus ou moins complexes de plusieurs sous-variables :

Production de chaleur à partir de biomasse énergie, collectif et tertiaire : il s'agit de la chaleur produite à partir de bois et ses dérivés, et d'autres biomasse à vocation énergétique, pour une utilisation dans le secteur des bâtiments tertiaires et collectifs.

Production de chaleur à partir de biomasse énergie, industrie et process industriel : il s'agit de la chaleur produite à partir de bois et ses dérivés, et d'autres biomasse à vocation énergétique, pour une utilisation dans le secteur de l'industrie.

Annexe V. Partie de la grille d'analyse utilisée lors du processus de revue

Scénario	Critères	S3 – Renouveau productiviste			S4 – Citoyens des territoires			Aterres2050		Pulse Fiction		ZEN 2050		NégaWat 2017-2050		TYFA	
		Evolution	Par quels moyens	Evolution	Par quels moyens	Evolution	Observations (données ; par quels moyens ?)	Evolution	Observations (données ; par quels moyens ?)	Evolution	Observations (données ; par quels moyens ?)	Evolution	Observations (données ; par quels moyens ?)	Evolution	Observations (données ; par quels moyens ?)	Evolution	Observations (données ; par quels moyens ?)
	Taille des cheptels					diminution de tous les cheptels		réduction de tous les cheptels hors poule pondeuse	réduction et extinction cheptel bovin							stagnation des bovins, diminutions importantes volaille et porc	
	poule pondeuse					87 % élevage plein air/bio/label		85% élevage plein air / bio / label									
	bovin et poule					+ de races mixtes		+ de races mixtes									
	Sources de protéines pour l'élevage					quasi autonomie protéique		autonomie protéique									
	Quantité de bio	30% de la SAU						forte augmentation	surfaces en grandes cultures								
	productivité laitière					diminution et augmentation des systèmes tout herbe (20%)	5900L	diminution	*6000L								5500
	Usage engrais et pesticides					réduire les pertes d'N et remplacer, au moins en partie, l'N de synthèse par l'N d'origine symbiotique. L'industrie française des engrais azotés serait intégralement	1M de t d'N de	usage pesticides – 83%, usage engrais minéraux – 50%	réduction	usage renforcé des digestats pour la fertilisation						0	

Annexe VI. Ensemble des fiches d'analyse de tous les scénarios étudiés

A Clean Planet for all- A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy – Commission Européenne

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	LTS (Long Term Strategy)
Auteur	Commission Européenne
Date	2018
Partenaires associés	large éventail de parties prenantes (recherche, groupes de réflexion, ONG, entreprises)
Horizon temporel	2050
Zone géographique	UE
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Spécialisée, centrée sur le climat
Objectif de la prospective	Fixer le cap de la politique climatique et énergétique de l'Union et d'établir ce que l'UE considère comme sa contribution à long terme à la réalisation des objectifs de température fixés dans l'accord de Paris
CONTENU	
Objectif GES visé	Neutralité carbone
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Tous secteurs économiques / Alimentation / Biomasse / Forêt (peu de sécurité alimentaire et biodiversité)
Enjeux environnementaux traités	
Variables clés du(es) scénario(s)	Changement des modes de consommation, Sequestration du CO2 (investir dans CCS et BECCS)
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Rupture technologique et légèrement sociétale
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Les scénarios sont basés sur les modèles PRIMES, GAINS, et GLOBIOM. Ils sont tous basés sur le scénario de référence et ont des hypothèses technologiques identiques

Point d'entrée principal dans la prospective	Décarbonation de l'énergie et stockage de carbone
Nombre de scénario	8 mais seulement 2 nous intéressent
Nom des scénarios	1.5 technical ; 1.5 sustainable lifestyles

L'objectif est de fixer le cap de la politique climatique et énergétique de l'Union et d'établir ce que l'UE considère comme sa contribution à long terme à la réalisation des objectifs de température fixés dans l'accord de Paris, en conformité avec les objectifs de développement durable des Nations unies, ce qui aura une influence sur d'autres politiques de l'Union. La stratégie ouvre un large débat, associant les décideurs politiques et les citoyens européens dans leur ensemble, sur la manière dont l'Europe devrait se préparer à l'horizon 2050 et présenter en conséquence la stratégie européenne à long terme à la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques d'ici 2020.

Le rapport est d'abord centré sur la question énergétique, mais la bioéconomie (ou le « secteur des terres » : agriculture, forêts, biodéchets, sols et utilisation des terres, alimentation, eau) occupe une place essentielle dans la vision à long terme développée via l'exploration de 8 scénarios comparés à un scénario de référence.

Cette transformation en profondeur devrait avoir un effet positif sur le PIB, malgré l'ampleur des investissements supplémentaires nécessaires, les bénéfices estimés pouvant aller jusqu'à 2 % du PIB d'ici à 2050 par rapport à la situation de référence. En ce qui concerne les investissements, la Commission estime qu'ils se chiffrent entre 175 et 290 milliards d'euros par an, selon les 8 scénarii proposés. La transition stimulera aussi la croissance des nouveaux secteurs.

8 scénarios sont examinés et classés en 3 grands types de scénarios.

Type 1 : un seul changement majeur, développement d'un secteur (électricité, hydrogène, économie circulaire...)

Type 2 : COMBO is a scenario offering an alternative approach to the pathways examined in Scenario Category 1, aiming to combine effective solutions for each sector/mode from the paradigms/solutions/technologies explored by specific scenarios in Category 1. Such a scenario would require spreading of investments and more moderate deployment of different technologies than the technology-specific solutions as explored in Scenario Category 1 scenarios. COMBO serves as a bridge between Scenario Category 1 and Scenario Category 3. It indicates how far emissions reduction can go using a set of technology/solutions per sector as identified in Scenario Category 1. It does not push for extreme deployment of specific technologies or actions. It neither focuses on the development and deployment of specific negative emission technologies by 2050, nor promotes actions incentivising the uptake of CO₂ in our land sink. It does not include consumer choice changes. These are options explored in Scenario Category 3, achieving net zero GHG emissions

Type 3, les deux scénarios reprennent le COMBO en le poussant plus pour respecter les accords de Paris. Seuls 2 parviennent à la neutralité carbone de l'UE en 2050 : 1.5 LIFE et 1.5 TECHNO. Nous nous sommes seulement intéressés à ces deux derniers. Les scénarii 7 et 8 sont plus complexes, car ils prennent en compte la biomasse, les puits naturels et les captages de carbone, afin d'évaluer comment parvenir à un bilan neutre des émissions de gaz à effet de serre.

Le scénario '1,5 TECH' est très technologique. A la combinaison des technologies développées dans les 4 premiers scénarios, il ajoute une part importante de captage et stockage (géologique) de carbone (CSC), le cas échéant avec recours aux bioénergies (BE-CSC). Tous les vecteurs énergétiques sont sans carbone et l'accent est mis sur l'efficacité

énergétique. Il repose sur une technologie d'émissions négatives sous la forme de bioénergie combinée avec le captage et le stockage de carbone pour rééquilibrer les émissions.

Le scénario 1,5 LIFE se caractérise à la fois par un recours accru à l'économie circulaire et aux puits naturels de carbone, ainsi que par une transition alimentaire et une maîtrise de la demande. Il invite donc à des approches plus territorialisées et à des modifications dans nos modes de vie et de consommation.

Détails des scénarios (repris dans le document réalisé par Solagro, IDDRI, INRA) :

Alimentation, demande, import/export

Le scénario Life 1.5, en jouant sur l'offre et la demande, retient in fine des émissions totales de 230 MtCO₂eq/an à l'horizon 2050 soit une réduction de 42 % (dans le scénario de référence, le chiffre d'émissions resterait quasiment stable).

- Côté offre, il s'agit d'améliorer l'efficacité, c'est-à-dire utiliser moins de terres, moins d'animaux et moins d'engrais et de carburants fossiles pour produire autant (cultures, lait et viande), ainsi que d'adopter des pratiques et des technologies innovantes pour réduire les émissions : fermentation entérique, gestion des sols agricoles et gestion des effluents. Il est ainsi prévu de réduire les émissions agricoles de 25 %. Cependant faire autant avec moins n'est pas démontré, et il n'est pas fait état de l'effet du changement climatique sur la production agricole.
- Côté demande (1,5 LIFE), il s'agit de réduire les pertes et gaspillages alimentaires ainsi que nos consommations de viande, ce qui pourrait réduire les émissions agricoles jusqu'à 25 % si notre consommation s'ajuste sur les régimes alimentaires recommandés pour la santé. Il est noté qu'un tel changement peut cependant être difficile à réaliser en raison des habitudes existantes et des aspects culturels. Le scénario 1.5 LIFE retient l'hypothèse d'une réduction de 50 % des gaspillages et d'une transition alimentaire de type « diet 4 » soit une baisse globale possible de 90 MtCO₂eq/an.
- Pour le scénario 1.5 LIFE, il n'est pas dit si la réduction de consommation de viande est associée à une réduction de l'élevage et si oui comment.

Stockage de carbone, utilisation des terres, forêt

L'hypothèse est faite de doubler la séquestration, en passant de -230 à -330 à -480 (en Mt eq CO₂) selon la variante, avec -50% par gestion de la forêt (- 86 et - 186 MtCO₂eq/an) et -40% par afforestation (crop & grassland jouant très peu). Le stockage additionnel de carbone dans les seuls sols agricoles pourrait représenter 47 MtCO₂/an.

L'étude récente Inra 4/1000 montre qu'en France le stockage additionnel par les bonnes pratiques pourrait être de 5.78Mt C/an dont 4.96 pour les cultures ; il est considéré qu'il n'y a pas de stockage additionnel possible par les forêts, contrairement au scénario LTS.¹¹

Elevages

Que ce soit pour les cultures ou l'élevage, voire la sylviculture, la LTS met surtout l'accent sur les gains possibles d'efficacité, sans détailler les modèles de production qui le permettraient (agriculture de conservation des sols, agroforesterie, systèmes intégrés agriculture-élevage).

1 INRA. (2019). Stocker du carbone dans les sols français : quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?, (August 2019).

Il y a une réduction forte des surfaces peu productives, surfaces pastorales ? (pour l'afforestation ?).

Dans le scénario 1.5 life, la question de la compétition feed/food et donc celle des produits issus de l'élevage sur lesquels faire porter la réduction de consommation n'est que sommairement abordée. Réduire les pressions sur les terres et pouvoir développer à bonne échelle les cultures énergétiques à croissance rapide, inviterait pourtant à réduire en priorité les produits issus des élevages « maïs/soja », grands consommateurs de surface agricole, et non ceux de l'élevage à l'herbe. La réduction de la consommation devrait donc viser davantage celle de monogastriques (porcs, volailles) que celle de lait et viande de bœuf produits à l'herbe, mais rien n'est dit.

Énergie

La production/consommation d'énergie passe d'environ 820 à 680 Mtep (soit une diminution de 15-17%) ; ce qui est modeste en comparaison d'autres scénarios comme Négawatt), avec comme origine environ ¼ provenant de la biomasse, du nucléaire et de l'éolien. C'est pourquoi la réussite de la décarbonation du secteur de l'énergie (y.c. transports, résidentiel, industrie) devra être assurée à hauteur d'environ :

- 100 Mtep par la mobilisation améliorée des déchets industriels et municipaux (importance de l'économie circulaire),
- 60 à 65 Mtep par la mobilisation de bois pour l'énergie, notamment grâce à l'extraction améliorée de résidus forestiers,
- 35 à 40 Mtep par la mobilisation améliorée de résidus agricoles,
- 38 Mtep à 108 Mtep selon les scénarios par des cultures énergétiques à croissance rapide (miscanthus...), et accessoirement peupliers et saules à croissance rapide.

La fourniture par la biomasse correspond à 14% de la consommation 2010. La biomasse fournirait 110 M tep/an, et générerait une réduction d'émission de 300 MtCO₂/an.

La LTS met donc en avant l'importance du développement des bioénergies pour la réussite de la neutralité carbone, et considère qu'un co-bénéfice important serait la création de nouveaux emplois en espace rural. Elle considère la nécessité d'un recours accru aux biocarburants (de 2ème génération) pour la décarbonation du secteur du transport (routier, maritime international, aérien).

Les surfaces en jeu sont de 9 et 29 M d'ha pour Life et Tech, respectivement.

Pour 1.5 LIFE :

Towards 2050, the demand for air transport is reduced relative to the Baseline as significant shift takes place to rail and significantly increased modal shift takes place towards lower emission transport modes for both passenger and freight transport. Also, there is an assumption that shifts in food preferences by consumers continues towards less animal based products. Due to a behaviour focusing on rational use of energy, demand for heating and cooling is lower compared to other scenarios. Increased modal shift takes place towards lower emission transport modes for both passenger and freight transport. The latter is also linked to improved city planning, improved logistics, integrating sharing economy and connected, cooperative and automated mobility, and making full use of digitalisation, automation and mobility as a service (see section 4.4.2 for resulting impacts on transport demand). This scenario includes also the drivers and assumptions of the circular economy scenario, complementing the lifestyle changes with changes in product design and business models, aiming to achieve higher resource efficiency.

Afterres2050 - Solagro

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	Afterres2050
Auteur	Solagro
Date	2016
Partenaires associés	Accompagnement par un conseil scientifique
Horizon temporel	2050
Zone géographique	France (inscrite dans une vision mondiale)
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Contribuer au débat et enjeux multithématiques sur des bases raisonnées et argumentées
CONTENU	
Objectif GES visé	Réduction des EGES
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation / Sécurité Alimentaire / Forêt (Energies / Bioproduits car scénario couplé à Négawatt)
Enjeux environnementaux traités	CC, Gestion des sols, Déforestation, Entretien des paysages, Stockage de carbone
Variables clés du(es) scénario(s)	
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Non
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	NR. Utilisation de l'outil MoSUT
Point d'entrée principal dans la prospective	Le système alimentaire français
Nombre de scénario	1
Nom des scénarios	Afterres2050

Type d'agriculture

Production animale = Profonde mutation de l'élevage

Ruminants et monogastriques possèdent chacun une série d'avantage face au CC et à la disponibilité des ressources. Ruminants valorisent les prairies qui rendent de nombreux SE, monogastriques ont un

faible indice de consommation mais compétition rude avec l'alimentation humaine (consomment 50% des céréales et oléoprotéagineux consommés en France).

Priorité aux races bovines mixtes, avec bouleversement de la répartition des zones d'élevage, la productivité laitière diminue.

Désintensifier l'élevage laitier pour maintenir les prairies naturelles avec une forte réduction de la consommation de concentrés.

Les principales caractéristiques des élevages ovins & caprins ne sont pas modifiées. Ils vont se développer dans certaines régions car ils permettent de bien valoriser des terres pauvres ou petites superficies.

Développement des signes de qualité. Développement très important du conventionnel amélioré pour l'élevage de porc, seuls 10% de conventionnel standard en 2050. Pour les filières volaille, entre 10 et 13% de production standard, gros développement des filières bio et labellisées.

Production végétale = Agroécologie généralisée

Tous les systèmes évoluent mais il ne s'agit pas simplement d'augmenter la part de système bio et intégré mais de veiller à la cohérence du bilan d'N pour éviter leur dépendance aux autres systèmes.

Repenser le système de culture :

Faire du maintien de la fertilité des sols le pivot de la durabilité des systèmes agricoles

Allonger les rotations, diversifier les cultures dans le temps et les associer dans une même parcelle

Les protéagineux doivent représenter 25% de la surface COP (Céréales et OléoProtéagineux).

Utiliser la lutte biologique

Utiliser massivement les légumineuses (en culture principale, associée, intermédiaire...) et la fertilisation organique, au détriment des céréales. La culture des légumineuses, y compris la luzerne, doit représenter 25% de la surfaces totales des terres arables.

Maintenir une couverture du sol en permanence ainsi que des systèmes racinaires profonds

Travail simplifié du sol, avec semis direct lorsque c'est possible

L'agriculture conventionnelle disparaît petit à petit (définitivement vers 2030), production intégrée et agriculture biologique représente 90% en 2050.

Augmentation importante de la culture de fruits et légumes.

Niveau de production végétale primaire maintenu mais celle-ci est diversifiée.

Diminution de la production de céréales (quasi arrêt des exportations européennes) mais augmentation de 60% des exportations à destination de l'Afrique du N et du Moyen-Orient.

Alimentation = une assiette plus saine et équilibrée

Diminution des surconsommations, les quantités ingérées par personne diminuent de 10%.

L'assiette est plus riche en céréales, fruits, légumes, fruits à coques et moins riche en viande et produits laitiers. Diminution drastique de la consommation de produits de la mer pour le BEE des stocks.

Inversion du rapport protéines animales/protéines végétales.

Fertilisation / cycles biogéochimiques

Recycler l'N (résidus de culture, déjections animales, biodéchets...). Le retour au sol du N s'effectue majoritairement après la case méthanisation et par le maintien au champ de 2/3 des cultures intermédiaires.

Utiliser massivement les légumineuses (en culture principale, associée, intermédiaire...) et la fertilisation organique.

Meilleure maîtrise des pertes d'N par volatilisation et lessivage.

Les besoins primaires d'N sont divisés par 3, ce qui correspond à la production de l'industrie française des engrais azotés.

Usage biomasse agricole (alimentation / énergie ?)

Priorité à l'alimentation.

Fort développement de la méthanisation agricole. Combinaison du système élevage bovin avec de la production d'énergie par **méthanisation**. Les ressources fourragères non valorisées par la pâture (10%), ainsi que fumier/CI, 30% des résidus de cultures, biodéchets, le sont par la méthanisation qui fournit énergie et N. Cela permet de conserver les prairies naturelles.

Grande augmentation de production de bioénergie (incluant biomasse non agricole), dont **biogaz**.

Pas de développement majeur de **bioproduits** d'origine agricole.

La production de **biocarburant** est divisée par 2, car concurrence avec l'alimentation humaine.

Stockage de carbone / Puits de carbone

Artificialisation limitée des terres agricoles, des espaces naturels et de la forêt.

Légère augmentation du puits forestier mais de nombreuses incertitudes sur le très long terme.

Augmentation de la teneur des sols en carbone du fait de la généralisation des pratiques agroécologiques.

Place de la forêt et usage biomasse

La fonction économique de la forêt est accrue tout en améliorant ses fonctions écologiques, paysagères et sociétales.

Légère augmentation des superficies de la forêt. Augmentation du taux de prélèvement max: 65%. Les quantités maximales sont mobilisées (91Mm3 pertes comprises).

Horizon 2030 (total de 84Mm3 prélevé, pertes comprises):

Pour le BO, le scénario fait le choix de ne pas faire peser le développement des matériaux biosourcés sur les importations donc de limiter l'usage des résineux à moins de 17Mm3 et d'utiliser 13Mm3 de feuillus soit un total de 29Mm3 disponible en BO, sans importation.

Pour le BI, augmentation d'environ 50% de son usage en 2050.

Pour le BE, forte augmentation, 35Mm3 en 2050.

Place des politiques / Impacts économiques

Très peu abordé, peu de questions politiques socioéconomiques.

Echanges extérieurs / Autonomie

Le solde exportateur est maintenu à un niveau un peu inférieur à celui d'aujourd'hui. Solde exportateur pour lait et produits laitiers se maintient. Le solde déficitaire de la production de viande diminue.

Autonomie en viande de porc, de volaille et œufs.

La France doit prendre sa part dans la sécurité alimentaire mondiale mais sans fragiliser les agricultures vivrières locales.

Suppression des importations de soja et du déficit de la filière forêt bois.

Le scénario retenu pour la modélisation est le RCP 6.0, ce qui correspond à une augmentation de +1,6° en moyenne en France d'ici 2050 et +3° pour 2070-2100, scénario peu optimiste (+2,2° pour la moyenne mondiale).

Le scénario ne repose sur aucun moteur d'ordre socio-économique, car il impliquerait nécessairement de recourir à des hypothèses sur des niveaux de prix à long terme, et surtout de différentiel de prix, ce qu'il est impossible de modéliser.

Entre autres enseignements, l'exercice démontre les limites des systèmes polyculture élevage : cette solution ne peut pas être généralisée à l'ensemble du territoire national et il est nécessaire de construire des agrosystèmes qui soient à la fois autonome en azote et sans élevage (on ne peut pas mettre de l'élevage dans toutes les régions de grandes cultures, d'où l'importance des légumineuses pour la fertilisation azotée).

Pour les assiettes, le scénario s'appuie notamment sur les résultats du programme BioNutriNet et prône les régimes *demitarien* pour la santé publique (basé sur un eq 40/60 prot végé/ani, ce qui revient à diviser la quantité de produits animaux par 2, ce qui le situe à égale distance entre le régime moyen actuel des pays riches et un régime végétarien).

Plusieurs variantes au scénario Afterres2050 : SAB (Santé, Alimentation, Biodiversité) qui met l'accent sur la qualité nutritionnelle des aliments, les aspects sanitaires et environnementaux, il est 'tout BIO', sans phytosanitaires. REP (Résilience et Production), il se veut plus productif, car soucieux de la sécurité alimentaire et met l'accent sur les exportations, il privilégie la production photosynthétique pour augmenter le captage de carbone. Mais les variantes et Afterres restent assez similaires sur certains points.

Hypothèse d'effondrement des ressources halieutiques d'ici 2050.

AGRI2050 – CGAAER

Une prospective des agricultures et des forêts françaises

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	AGRI2050
Auteur	CGAAER
Date	2020
Partenaires associés	Spécialistes extérieurs pour consultation
Horizon temporel	2050 (base commune à tous les scénarios : 2035)
Zone géographique	France (inscrite dans une vision mondiale)
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Poursuivre la réflexion politique ouverte sur le devenir de l'agriculture et des forêts françaises pour anticiper les évolutions et la construction de l'avenir pour accompagner les profondes transformations que doivent conduire les filières agricole, agroalimentaire, forestière...
CONTENU	
Objectif GES visé	Aucun
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation / Sécurité Alimentaire / Forêt
Enjeux environnementaux traités	CC, Biodiversité, Ressources en eau, Gestion des sols, Entretien des paysages, Stockage de carbone, Place des ENR
Variables clés du(es) scénario(s)	Fluctuent d'un scénario à l'autre
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Ruptures technologiques (différentes transitions technologiques ont été subies ou acceptées)
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Méthodologie spécifique en 4 étapes (voir plus bas)
Point d'entrée principal dans la prospective	Identification des tendances actuelles et des signaux faibles dans la bibliographie
Nombre de scénario	4

Nom des scénarios	Sobriété savante ; Capitalisme environnemental ; Renouveau productiviste ; Citoyens des territoires
-------------------	---

Introduction

La présente contribution à l'analyse prospective des agricultures et des forêts françaises s'inscrit dans la stratégie du ministère de l'agriculture et de l'alimentation d'« anticiper les évolutions et la construction de l'avenir » par la « conception des politiques publiques », pour « accompagner les profondes transformations » que doivent conduire « les filières agricole, agroalimentaire, forestière, halieutique et aquacole pour assurer leur développement ». Elle vise à situer l'agriculture française dans « une vision prospective des évolutions possibles des marchés agricoles et alimentaires ». Elle fait suite à la lettre de mission du ministre de l'agriculture et de l'alimentation du 6 avril 2018 qui demandait au CGAAER de conduire l'exercice,

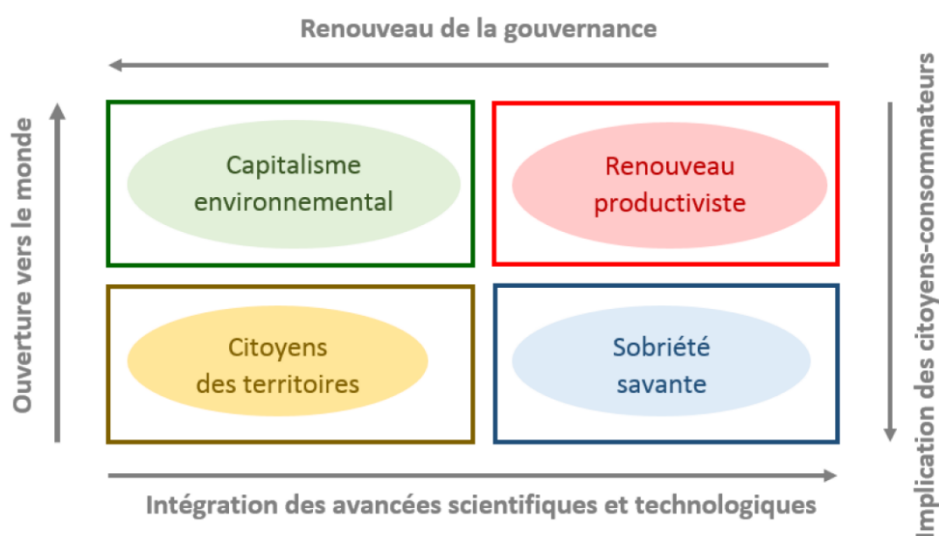
- d'une part, « en privilégiant les scénarios où ce qui apparaît aujourd'hui comme des signaux faibles, de nouveaux risques ou des situations émergentes serait mieux pris en compte »,

- et, d'autre part, « en tirant des conclusions sur la manière dont ces évolutions pourraient être intégrées à l'avenir dans l'élaboration des politiques agricoles au niveau national et européen ».

En cela, il s'agit d'une prospective exploratoire, ouverte vers des futurs possibles indéterminés, documentée et élaborée par une équipe d'experts. L'approche adoptée s'est attachée à dépasser une vision strictement technique de l'agriculture et de la forêt. Ce sont leurs rapports à l'alimentation, au commerce, à l'environnement, à la recherche au développement des territoires qui sont ainsi tout particulièrement explorés.

Cette prospective est une contribution aux débats sur l'avenir de l'agriculture française. Il ne s'agit bien entendu pas d'une prédiction, mais d'une construction de trajectoires d'évolution portées par des déterminants différents, d'intensités variables, combinés de façon singulière.

4 scénarios différents :



Éléments intéressants :

S1 Sobriété savante : C'est le tassement puis la baisse de la demande alimentaire liée aux progrès scientifiques concernant notamment le microbiote qui structure cette évolution (il y a beaucoup d'articles qui traitent de cette avancée).

Création de réseaux de stockage de données alimentaires et agricoles nationaux et ouverts, donc désintéressement des GAFAM.

S2 Capitalisme environnemental : Notion de E7 : emerging seven countries qui prend la place du G7. Les décisions et avancées se font dans l'urgence.

S3 Renouveau productiviste : Horrible. Développement de l'économie circulaire et bioéconomie.

S4 Citoyens des territoires

Différences et similitudes

S1 ressemble au S1 ADEME dans l'histoire qu'il raconte mais diminution de la SAU

S4 ressemble au S2 ADEME dans l'histoire qu'il raconte

S2 peut ressembler au S3 ADEME pour certaines idées

Méthodes

Méthodologie spécifique en 4 étapes : - présenter une « image de synthèse » de l'agriculture française en 2030-2035, sur la base d'une méta-analyse de travaux existants et identifier en parallèle, les facteurs de changements à l'horizon 2050, les nouveaux acteurs, les signaux pouvant être qualifiés de faibles,

- apprécier les incidences en 2050 des possibles facteurs de changement sur les principales caractéristiques de l'agriculture française des années 2035 ;

- combiner ces incidences pour bâtir des scénarios de futurs possibles pour l'agriculture française à l'horizon 2050 ;

- tirer des conclusions sur les lignes stratégiques d'élaboration des politiques agricoles au niveau national et européen pour chacun des scénarios.

Ils ont fait le choix de ne pas parler de l'aquaculture et de la pêche, le choix a été fait de maintenir cette question ouverte, sans proposer à ce stade de scénarios associant agriculture et pêche.

Construction des scénarios : prolongement des tendances actuelles jusqu'à 2035 en tenant compte de ruptures possibles puis mises en place des 4 scénarios de 2035 à 2050. C'est un mode de construction très différent de celui de l'ADEME. Approche originale en deux temps (2035, 2050).

Les scénarios forestiers associés aux scénarios agricoles sont ceux de l'étude INRA/IGN

<https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/419207-b987f-resource-etude-forets-bois-et-changement-climatique-rapport.pdf>

Effet des scénarios par rapport à 2020 :

		Sobriété savante				Capitalisme environnemental				Renouveau productiviste				Citoyens des territoires			
		0				0				0				0			
		-2	-1	1	2	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
agriculture	Renouveau des politiques agricoles et forestières nationales, européennes et internationales																
	Évolution de la SAU																
	Évolution des surfaces forestières																
	Nombre d'exploitations agricoles																
	Nombre d'emplois agricoles																
	Nombre d'emplois forestiers																
	Capacité à rémunérer les actifs																
	Capitaux extérieurs en agriculture, forêt, IAA																
	Protection des ressources naturelles																
	Indépendance aux cours mondiaux																
Commerce	Évolution des exportations agricoles et alimentaires																
	Évolution des exportations forestières																
	Autosuffisance alimentaire (couverture des besoins par la production nationale)																
	Coût unitaire des produits alimentaires																
alimentation	Coût de l'alimentation des ménages																
	Sécurité alimentaire mondiale																
	Bien-être des agriculteurs																
société	Vitalité rurale																
	Relation agriculture et société																

-2 forte diminution -1 diminution 1 augmentation 2 forte augmentation

Ce tableau fait apparaître des effets communs ou voisins sur cinq indicateurs :

- l'évolution de la SAU, la protection des ressources naturelles, l'évolution des surfaces forestières, la capacité à rémunérer les actifs, le bien être des agriculteurs.

À contrario, sur les autres indicateurs, les différenciations s'affirment clairement, et notamment sur : le nombre d'exploitations et d'emplois, les capitaux extérieurs en agriculture, forêt et IAA, les revenus, le coût de l'alimentation, la dépendance aux cours mondiaux.

On peut noter que s'agissant des effets des scénarios, leurs points communs concernent principalement ceux qui caractérisent l'agriculture à l'horizon 2050. Au-delà, les divergences sont nombreuses.

Conclusion

Dans l'ensemble, ces scénarios sont plus imaginatifs et poussés. Ils s'appuient sur des idées nouvelles dont je n'avais pas encore entendu parler à l'ADEME. Cependant ils ne proposent que très peu de chiffres et restent très descriptifs. Et ils ne cherchent pas l'équilibre de la neutralité carbone en 2050.

Limites : Les tendances décrites dans chaque scénario = les déterminants (en 2030 ou 2035) ne sont pas tous les mêmes d'un scénario à l'autre alors que la période 2020-2035 est construite sur une base commune à partir des travaux et observations actuels.

Biblio potentiellement intéressante

Étude prospective des filières viande de ruminants du Massif central à l'horizon 2050. A Cerles INRA. 2017

« Comment nourrir le monde en 2050 ? Une revue des réponses issues des études existantes basées sur des scénarios globaux » INRA Sciences sociales

S1

Une demande alimentaire mondiale en croissance mais moins qu'attendue.

Une diminution concomitante des pertes et gaspillages.

Un fléchissement puis un repli de la production agricole globale mais aussi française.

Des exploitations agricoles moins grandes, mais plus nombreuses et contribuant à la création de biens environnementaux.

Une extension des surfaces forestières et une augmentation du stockage de carbone in situ.

Les territoires au centre des stratégies de développement agricole et des marchés agricoles plus régionalisés.

Au total, une agriculture plus sobre et scientifiquement raisonnée.

S2

Les évolutions climatiques néfastes entraînent désormais des catastrophes multiples.

Les populations s'éveillent à une éthique du « bien commun » partout dans le monde.

Une comptabilité environnementale et sociale généralisée structure les échanges internationaux.

La transition agricole climatique devient réalité dans le monde et en France.

La France valorise ses avantages concurrentiels et retrouve un rayonnement international.

S3

De nouvelles pistes face aux résultats décevants de l'agriculture territorialisée dire « de qualité ».

L'énergie n'est plus un facteur limitant.

La problématique de l'alimentation au plan international, européen et français se renforce.

Des marchés internationaux très actifs et de nombreuses évolutions technologiques.

Une nouvelle agriculture décomplexée, productiviste y compris « en bio » : l'agriculture de firmes devient réalité dans la perspective d'une optimisation énergétique globale.

S4

La crise écologique est devenue une évidence, les risques sanitaires se sont aggravés, les tensions se multiplient.

Les agricultures sont très différenciées selon les types de territoires (agglomérations et centres urbains, territoires péri-urbains, territoires ruraux).

Partout de nouvelles productions ont pris de l'ampleur (forêt, agroforesterie, agrocarburants et biomatériaux de manière locale).

De nouvelles gouvernances, fondées sur la concertation et la co-élaboration de solutions se sont installées et adaptées à la diversité des dynamiques territoriale.

NégaWatt – Association NégaWatt

Scénario NégaWatt 2017 – 2050 Réussir la transition énergétique en France

Informations intéressantes, vidéos en ligne, outil de simulation et de visualisation des évolutions sur la page de Negawatt : <https://negawatt.org/Scenario-negaWatt-2017-2050>

Le scénario Negawatt est couplé avec le scénario agricole Afterres2050.

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	Scénario négaWatt 2017 - 2050
Auteur	Association négaWatt
Date	2017
Partenaires associés	NR
Horizon temporel	2050
Zone géographique	France
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Inciter et aider les décideurs à intégrer les impératifs de long terme dans les décisions de court terme. Imaginer une voie souhaitable pour notre système énergétique et proposer des solutions pour l'atteindre.
CONTENU	
Objectif GES visé	Neutralité carbone
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Industrie / Batiment / Transport / Energie (Forêt et Alimentation puisque scénario couplé à Afterres2050)
Enjeux environnementaux traités	Biodiversité, Pollutions hors EGES, Stockage de carbone, Place des ENR
Variables clés du(es) scénario(s)	
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Non
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Le scénario négaWatt est basé sur un calcul en énergie. Celui-ci part des services énergétiques, pour remonter secteur par secteur vers une demande en énergie finale et primaire, qui est enfin croisée avec la disponibilité des différentes ressources énergétiques

Point d'entrée principal dans la prospective	La sobriété
Nombre de scénario	1
Nom des scénarios	Scénario négaWatt

Type d'agriculture

Une mutation des pratiques agricoles, avec un basculement de l'agriculture dite conventionnelle vers l'agriculture biologique, l'agroécologie et la production intégrée.

Repenser la place des protéines végétales dans les rotations **et de l'élevage** qui structure très fortement le paysage agricole actuel.

Le niveau de production est maintenu par rapport au niveau actuel, mais les usages de ces productions sont profondément modifiés.

Production animale

Voir fiche lecture Afterres2050

Production végétale

Voir fiche lecture Afterres2050

Alimentation

Réduction de 20% de la consommation totale de protéines. Réduction de 40 à 50% de la consommation de viande d'ici 2050. Inversement du rapport protéines végétales/animales.

Réduction du gaspillage alimentaire par 2 d'ici 2050 (contre 2025 pour la loi sur la transition énergétique).

Fertilisation minérale et organique / cycles biogéochimiques

Les installations de méthanisation jouent un rôle clé dans la transition écologique, notamment dans la substitution de l'azote de synthèse par de l'azote d'origine biologique.

Usage biomasse agricole (alimentation / énergie / matériau ?)

En exploitant de manière équilibrée et soutenable les sols, il est possible de répondre dans de bonnes conditions écologiques et économiques aux besoins de production alimentaire, puis de matériaux biosourcés et seulement ensuite de l'énergie.

Pas de terres consacrées à la seule production d'énergie. Il n'y a pas de concurrence mais une **complémentarité entre les usages** (alimentation, matériaux...)

La production de biocarburants de 1G est fortement réduite et se limite aux besoins de production de tourteaux, coproduits des biocarburants utilisés en alimentation animale, en substitution des importations de soja. Les algues se développent en tant que source d'énergie.

Production de biocarburants de 2G pour des usages qui semblent difficilement pouvoir être assurés par le gaz et l'électricité et nécessitent des carburants liquides (aviation par exemple).

Stockage de carbone / Puits de carbone

Place de la forêt et usage de la biomasse

Le bois utilisé pour l'énergie provient essentiellement de matières dérivées d'autres usages. Il s'agit par exemple de sous-produits générés dans l'industrie (ameublement, papier-carton, etc...) ou dans la construction. Quelle faisabilité ?

Place des politiques / Impacts économiques

Echanges extérieurs / Autonomie

Mix énergétique

Une consommation couverte à 100% par des énergies renouvelables en 2050. **La biomasse solide (bois énergie) reste la première source d'énergie renouvelable**, suivie de très près en 2050 par l'éolien, puis par le photovoltaïque et le biogaz. Le biogaz est produit à partir résidus de cultures, déjections d'élevage, de biodéchets et de couverts végétaux.

Fermeture progressive du parc nucléaire : le dernier réacteur nucléaire est arrêté en 2035.

Gaz et électricité, une complémentarité nouvelle et incontournable (développement du power-to-gas).

Recours massif aux PAC et au BE pour accroître fortement la part des EnR en remplacement des énergies fossiles et nucléaires.

Transport

Une diminution de 16% par habitant des distances parcourues (notamment les déplacements contraints domicile-travail). Augmentation de la pratique du télétravail.

Pour le transport aérien, on reviendrait au niveau constaté au début des années 1990.

Le parc automobile bascule du pétrole vers le gaz (qui assure 75% des distances parcourues en 2050) **et l'électricité** (25%), tous deux renouvelable.

Le parc de poids lourds bascule entièrement du pétrole vers le gaz renouvelable. Report du transport routier vers le fluvial et ferroviaire pour le transport de marchandises.

Bâtiment – Faire la rénovation énergétique performante une priorité

Les surfaces moyennes par habitant et le nombre de personnes par logement en 2050 sont très proches de la situation actuelle.

Rénovation thermique performante de la quasi-totalité du parc immobilier existant (**780 000 logements rénovés par an**).

Réduction de la part de maisons individuelles dans la construction neuve (20% en 2050 contre 46% en 2015).

Diminution des surfaces neuves construites dans le logement et le tertiaire, au profit de la réhabilitation de bâtiments existants.

Industrie

Allonger la durée de vie des objets (réparation, mutualisation, réutilisation) et favoriser le partage.

Développement de l'économie circulaire.

Net-Zero Agriculture in 2050 : How to get there – IEEP

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	Net zero Agriculture 2050
Auteur	IEEP
Date	2019
Partenaires associés	NR
Horizon temporel	2050
Zone géographique	UE
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Spécialisée, centrée sur le climat
Objectif de la prospective	Construire une vision sur une base factuelle pour avancer dans l'atteinte de la neutralité carbone et de voir quelle place l'agriculture peut jouer dans cet transition
CONTENU	
Objectif GES visé	Neutralité carbone
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation / Forêt / Changement d'affectation des sols
Enjeux environnementaux traités	
Variables clés du(es) scénario(s)	
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Oui , les deux
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Travail de modélisation à partir de l'outil Carbon Transparency Initiative 2050 Roadmap Tool. Voir plus bas...
Point d'entrée principal dans la prospective	Amélioration de l'efficacité agricole, changement de production, changement d'usage des terres
Nombre de scénario	4, mais seulement 2 nous intéressent
Nom des scénarios	Mitigation potential through a combination of efficiency and production measures without major land use change ; Mitigation potential through a combination of efficiency and production measures with major land use change.

Le rapport Net-Zero Agriculture in 2050 : how to get there, publié en février 2019, fait partie de l'initiative Net-Zero 2050 porté par l'ECF avec les contributions d'un consortium d'experts et d'organisations dans le cadre de la Carbon Transparency Initiative (CTI) de la ClimateWorks Foundation. Le rapport complet couvre l'ensemble des secteurs de l'économie de l'UE qui émettent des GES, mais le rapport Net-Zero Agriculture in 2050 s'intéresse uniquement au secteur des terres. Il a été réalisé par l'IEEP.

J'ai fait le choix d'analyser uniquement le rapport sur l'agriculture qui traite certaines des thématiques de la bioéconomie (mais pas les usages non alimentaires). Il aurait été trop chronophage de s'intéresser à tous les secteurs dans le rapport global. Mais on peut retrouver les grandes idées de la prospective par secteur dans l'image ci-dessous :

Ce rapport présente **4 scénarios différents** pour le secteur agricole qui visent tous à réduire les EGES de ce secteur pour atteindre la neutralité carbone de l'Europe de façon plus globale dans l'ensemble des secteurs. Ils suivent une logique progressive du 1 vers le 4, qui mobilise la totalité des leviers :

Amélioration de l'efficacité et séquestration de carbone, sans changement majeur dans l'usage des terres

Changements de production et séquestration du carbone, sans changement majeur dans l'usage des terres

Amélioration de l'efficacité, changements de production et séquestration du carbone, sans changement majeur dans l'usage des terres

Amélioration de **l'efficacité, changements** de production et **séquestration** du carbone, **avec** changement majeur dans **l'usage des terres**

Dans ce rapport, l'utilisation de biomasse pour des usages autres qu'alimentaire n'est pas mentionné. Ainsi je me suis intéressée au rapport global pour pouvoir comprendre quelle place la bioéconomie jouait dans ces scénarios.

Caractéristiques :

L'approche est centrée sur le climat (prospective spécialisée). Les enjeux de la biodiversité sont sous-jacents.

Principaux leviers :

Une profonde modification des régimes alimentaires (division par 4 de la consommation de viande (et par 8 de la consommation de viande rouge)).

Forte hausse de la productivité agricole, ce qui permet, tout en maintenant notre participation à la sécurité alimentaire mondiale, de réduire les EGES de l'agriculture et de libérer des terres pour l'afforestation et donc d'augmenter le puits de carbone forestier.

On assiste à une forte augmentation des espaces boisés et des prairies naturelles au détriment des surfaces de cultures.

Se pose la question de la durabilité des prélèvements de biomasse avec une diminution des prélèvements en forêt et une hausse modérée des bioénergies issues de l'agriculture.

L'usage des intrants n'est pas précisé, et sachant qu'on a une augmentation de 40% de la productivité des cultures, on peut se demander si le scénario tient vraiment compte des objectifs de réduction des engrais azotés et des pesticides.

Description des scénarios

Je me suis intéressée au scénario 3, qui combine les deux approches décrites dans les scénarios 1 et 2 et qui utilise le surplus de terres pour de la conversion en prairies ; ainsi qu'au scénario 4, qui lui aussi combine les approches des S1 et S2 mais utilise le surplus de terres pour de l'afforestation. Ces deux scénarios sont quasiment identiques dans les leviers qu'ils proposent, c'est pourquoi je n'ai rempli la fiche de lecture qui suit qu'une seule fois, mais n'utilisent cependant pas les terres libérées par l'intensification pour la même chose, ce qui n'a pas le même impact sur le stockage de carbone et donc les EGES.

Type d'agriculture

Intensification des pratiques agricoles.

Légère augmentation des surfaces de prairies.

Production animale

Malgré une baisse de la consommation de produits animaux, **l'élevage est intensifié pour libérer de la surface**. Ainsi, il est envisagé :

une augmentation des systèmes en feedlots (soit 50% des vaches et des bovins; 20% des caprins et ovins en 2050) associé à une amélioration de la conversion alimentaire (+ 40% d'ici 2050 vs 2015) ;

une augmentation du chargement au pâturage (soit + 50% d'ici 2050 vs 2015) associé à une amélioration de la conversion alimentaire (+ 20% d'ici 2050 vs 2015).

Les émissions de l'élevage diminuent de 265 à 113 MteqCO₂ en 2050, soit -57%.

Production végétale

Forte augmentation des rendements, dont 30% due à une **utilisation supplémentaire de fertilisant** : augmentation linéaire de 40% des rendements d'ici 2050, et +1,5% par an pour les cultures énergétiques.

Les émissions des sols diminuent de 34% (principalement N₂O).

Alimentation

Le régime alimentaire est fortement changé. Jusqu'à 10% de réduction linéaire des calories consommées (d'ici 2050 vs 2015).

La consommation de viande par personne est réduite de 75% pour les viandes. La part de viande de ruminants diminue pour atteindre environ 10% de la viande consommée (contre 20% en 2015).

Stockage de carbone / Puits de carbone

Les terres agricoles produisant de la bioénergie, de la nourriture (y compris les prairies) sont supposées avoir un stock de carbone du sol identique, qui reste inchangé au fil du temps. Cela implique que les avantages d'atténuation liés aux changements dans le stock de carbone du sol ne surviennent que si les terres cultivées sont converties en prairies ou forêts permanentes.

L'amélioration de l'utilisation des terres pourrait permettre de stocker environ 600 mégatonnes de CO₂ équivalent (MtCO₂ e) par an de GES, ce qui représente environ 10% des émissions de 1990 et peut contribuer à atteindre zéro net d'ici 2050.

Place de la forêt et usage de la biomasse

Les forêts prennent une place croissante. Pour le S3, 20% des terres libérées par la diminution et l'intensification de l'élevage sont converties en forêt contre 80% pour le S4.

Pulse Fiction - WWF

Pour une transition agricole et alimentaire durable

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	Pulse Fiction
Auteur	WWF
Date	2019
Partenaires associés	NR
Horizon temporel	2050 (référence 2010)
Zone géographique	France
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Appréhender les répercussions des changements de régimes alimentaires sur les systèmes agricoles en France d'ici 2050. Problématique du rapport : Quel système agricole durable permettrait de fournir une alimentation saine et bas carbone en France d'ici 2050 ?
CONTENU	
Objectif GES visé	Neutralité carbone pour le secteur alimentaire
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation
Enjeux environnementaux traités	CC, Biodiversité, Pollutions GES et hors GES, Ressources en eau, Gestion des sols, Stockage de carbone
Variables clés du(es) scénario(s)	Place des légumineuses / Evolution des régimes alimentaires
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Rupture sociétale (forte sur l'alimentation)
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Méthode des scénarios. Utilisation de l'outil MoSUT pour parvenir à élaborer le scénario prospectif chiffré
Point d'entrée principal dans la prospective	Les régimes alimentaires et la demande alimentaire
Nombre de scénario	1
Nom des scénarios	Pulse Fiction - Un scénario agricole durable en 2050

Eléments intéressants :

Valoriser les animaux de réforme (poules pondeuses par exemple) avec restauration collective ou entreprise agroalimentaire, aujourd'hui c'est déjà le cas avec certaines AMAP.

Le parti est pris de donner l'absolue priorité aux débouchés pour l'alimentation humaine et animale. Division par 2 de la production de biocarburants qui n'est pourtant pas actuellement élevée.

En ce qui concerne la balance commerciale décrite dans le rapport, le parti a été pris d'un modèle plus autonome (en protéines – soja notamment) et moins exportateur (en céréales notamment). Donc augmentation de la production de protéagineux et diminution de la quantité de céréales sur le sol français (idées que l'on ne retrouve pas dans le scénario Afterres2050).

Divers :

Détails très précis des quantités de légumineuses (légumes secs) dans les assiettes.

Augmentation de la méthanisation mais division par 2 de la quantité de biocarburant. Parce que, selon certaines définitions, le biogaz n'est pas vraiment considéré comme biocarburant et puis ils ne font pas du tout de biocarburant liquide (éthanol avec les cultures etc...) dans ce scénario.

Méthodes :

Outil MoSUT de Solagro utilisé pour faire le lien entre les assiettes et les surfaces de cultures nécessaires pour satisfaire les besoins alimentaires des français.

Surfaces forestières non détaillées dans le rapport.

Limites :

La régionalisation et l'adaptation des changements à chaque région française

L'impact socio-économique du scénario. Les idées sur la balance commerciale n'ont pas fait l'objet d'une modélisation socio-économique, se basent seulement sur des critères qualitatifs.

L'impact sur la biodiversité du scénario, en particulier dans les régions où les prairies régressent. L'analyse des impacts sur la biodiversité (bien que difficilement mesurable dans un scénario de modélisation prospective) permettrait d'affiner et d'ajuster au mieux les choix qui ont été faits dans ce scénario.

La filière des produits de la mer. À l'instar de la viande, elle dépend du soja importée pour alimenter les filières aquacoles. Cette thématique essentielle, en termes de préservation des ressources marines et de luttés contre la surexploitation d'espèces marines et la déforestation importée, doit faire l'objet d'une étude spécifique

La méthanisation, les biocarburants et l'usage de la biomasse des forêts

Les politiques d'accompagnement de la transition agroécologique et alimentaire, tant dans la reconversion des exploitations agricoles et d'infrastructures (fermeture d'abattoirs par exemple) que dans l'éducation alimentaire des consommateurs ou encore des prescripteurs de l'alimentation (restauration collective, médecins...)

Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy – SCAR

A challenge for Europe, 4th SCAR Foresight Exercise

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy
Auteur	SCAR – Standing Committee for Agricultural Research
Date	2015
Partenaires associés	Groupe d'experts et de travail
Horizon temporel	2050 (référence 2011)
Zone géographique	Monde
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Amener les pays membres de l'UE à discuter de la place de la bioéconomie et de sa contribution pour un futur plus soutenable. L'exercice explore le paradigme de la bioéconomie avec pour contrainte la soutenabilité.
CONTENU	
Objectif GES visé	Aucun
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation / Sécurité Alimentaire / Forêt / Bioénergies / Bioproduits
Enjeux environnementaux traités	CC, Biodiversité, Ressources en eau, Gestion des sols, Place des ENR
Variables clés du(es) scénario(s)	Demande et offre en produits/énergies issus de la biomasse
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Non (mais plusieurs références à des changements technologiques importants)
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Simulations quantitatives à partir des projections en 2050 des données de la FAO notamment. Tous ces scénarios adoptent une approche axée sur l'alimentation, la quantité de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux produite et consommée en 2050 correspond aux chiffres projetés estimés par la FAO.

Point d'entrée principal dans la prospective	Approche par l'alimentation : réduction des pertes alimentaires (de 30 à 20%) et meilleure efficacité alimentaire pour les animaux
Nombre de scénario	3
Nom des scénarios	Bio-modesty ; Bio-scarcity ; Bio-boom

Questions que les experts du groupe SCAR pour le 4^{ème} exercice de prospective, doivent se poser :

Comment la bioéconomie peut contribuer à une agriculture soutenable ?

Comment la bioéconomie peut contribuer à un meilleur usage des ressources (rares) ?

Comment la bioéconomie peut améliorer la sécurité alimentaire, l'environnement ?

Quelles sont les opportunités et risques pour les différents secteurs et régions ?

Pour l'élaboration des scénarios, les experts ont identifié deux grandes incertitudes :

Quelle demande en biomasse pour les usages énergétiques et matériaux ? Cette variable dépend de l'évolution de la démographie et de la croissance économique, de l'évolution des marchés des produits d'origine fossile, et l'évolution de la place des autres énergies renouvelables, non basées sur la biomasse.

Quelle croissance pour l'offre de biomasse ? Cette variable dépend du développement et de la mise en œuvre de nouvelles technologies et de leur taux d'intensification dans les secteurs primaires.

Description des scénarios

BIO MODESTY (correspond au scénario BAU):

Il suppose que la croissance de la demande de biomasse pour les matériaux et l'énergie est relativement faible, par exemple parce que l'énergie solaire, éolienne et d'autres technologies d'énergie propre décollent plus rapidement que prévu, ce qui rend les solutions biosourcées moins compétitives. Dans ce scénario, peu importe que la croissance de l'offre soit faible ou élevée, nous supposons donc ici seulement un niveau moyen de croissance de l'offre.

La pression pour l'utilisation des innovations biosourcées est faible. Cela s'explique par :

Le fort développement des énergies renouvelables (solaire, éolien, etc...)

Les entreprises renforcent leur eco-efficacité

La mise en place d'une économie circulaire a réduit les déchets organiques de manière non négligeable

Les marchés des innovations biosourcées ne sont pas compétitifs par rapport aux technologies des marchés basés sur les énergies fossiles

La réduction de la mobilité et des transports de biens a donc réduit la demande en biocarburants.

BIO BOOM (très fort développement de la bioéconomie):

Il suppose que la croissance de la demande de biomasse pour les matériaux et l'énergie est relativement élevée, tandis que la croissance de l'offre est également élevée. Il s'agit d'un scénario dans lequel une forte demande de biomasse provenant de l'économie biosourcée non alimentaire est satisfaite par l'offre.

Dans ce scénario, les systèmes de production sont repoussés à leurs limites. Pousser les systèmes pose des questions sur les frontières environnementales à ne pas dépasser. Pour la pêche, les niveaux maximum sont atteints : MSY Maximum Sustainable Yield.

Le très fort développement de la bioéconomie s'explique par :

Le fait que les nouvelles technologies pour les énergies renouvelables ne sont pas encore pleinement développées et déployées, de sorte que les biocarburants sont nécessaires pour atténuer les EGES.

le développement de la technologie rend les industries biosourcées compétitives par rapport aux industries non biosourcées

Pas de changement dans les comportements de mobilité donc augmentation de la consommation de biocarburants.

La résistance de la population à l'utilisation de ressources est faible car, grâce à des innovations technologiques, la bioéconomie puise désormais dans de nouveaux stocks de ressources : insectes/algues.

L'agriculture en Afrique décolle, donc augmentation importante de la production mondiale.

Cependant, même si les prix restent stables, la pression sur l'environnement est très élevée. Ce scénario suppose un monde avec une collaboration inter-continentale plus développée et stable, ce qui crée un environnement d'investissement relativement stable.

Pour ce scénario, les experts recommandent de faire des recherches et tenir compte de :

BIO SCARCITY :

Il suppose que des forces motrices conduisant à une forte demande de biomasse pour des applications non alimentaires s'appliquent. Mais il suppose une faible croissance de l'offre, en raison, entre autres, de la résistance de la société aux nouvelles technologies. En conséquence, la quantité de biomasse disponible pour les matériaux biosourcés et les produits chimiques et la bioénergie est inférieure à ce qu'elle est actuellement (et même nulle pour les biocarburants).

Dans ce scénario, la compétition pour la biomasse est très élevée → augmentation du prix de la nourriture et accaparement des terres. Il en résulte un climat géopolitique tendu. Les gouvernements sont sous pression pour réguler les marchés de la biomasse et garder les prix alimentaires assez bas.

Dans ce scénario la recherche sur les impacts du changement climatique est beaucoup plus urgente.

Pour ce scénario, les experts recommandent de faire des recherches et tenir compte de :

TYFA - Une Europe agroécologique en 2050 : une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine – IDDRI + ASca

Enseignements d'une modélisation du système agrialimentaire européen

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	TYFA (Ten years For Agroecology)
Auteur	IDDRI & ASca
Date	2018
Partenaires associés	NR
Horizon temporel	2050
Zone géographique	Europe
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Montrer qu'il est possible de nourrir l'Europe avec une production agricole 100% agroécologique
CONTENU	
Objectif GES visé	Réduction des EGES (scénario non compatible avec la neutralité carbone)
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation / Sécurité Alimentaire
Enjeux environnementaux traités	CC, Biodiversité, Ressources en eau, Gestion des sols, Entretien des paysages
Variables clés du(es) scénario(s)	Place des prairies permanentes, agriculture biologique, extension des IAE, modification des régimes alimentaires
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Rupture sociétale
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	D'après le modèle quantitatif original TYFam mettant en relation systémique la production agricole, les modes de production et l'usage des terres. Permet d'analyser rétrospectivement le fonctionnement du système alimentaire européen et de quantifier un scénario agroécologique à 2050 en testant les implications de différentes hypothèses.
Point d'entrée principal dans la prospective	Consommation et Biodiversité
Nombre de scénario	1
Nom des scénarios	TYFA

TYFA a été construit pour proposer une alternative aux scénarios productivistes (mainstream climat) et notamment pour proposer des solutions en termes de gestion de la biodiversité.

L'objectif est de montrer qu'un scénario avec une production agricole 100% agroécologique peut nourrir l'Europe. 0 intrants chimiques et engrais synthétiques donc baisse des rendements de la production végétale. La productivité se base donc sur des pratiques écologiques : la rotation des cultures incluant les légumineuses et l'épandage des déjections animales. L'élevage est donc important et devient extensif pour maintenir prairie et biodiversité qui y est associée. Baisse de la productivité de l'élevage donc de la production de viande mais changement des assiettes et de la part de protéines animales. Les baisses des EGES sont principalement dues à une baisse importante des émissions N2O des sols. Ce n'est pas la décarbonation qui est au centre du scénario.

Leviers d'action pour le changement climatique au niveau de l'agriculture : **gestion des sols agricoles vivants et riche en matière organique, diversification des systèmes de culture, systèmes de production moins dépendants des intrants et mobilisant des espèces et des races résilientes, recours aux infrastructures agroécologiques, notamment arbres et haies.**

Changement envisagé : très systémique grâce à, majoritairement, des hypothèses sur les changements de comportements sociétaux assez importants. Ruptures très importante pour permettre la propagation de l'AE, le rebouclage des cycles etc..

Il existe un couplage fort entre la production et la consommation, **la consommation étant la variable d'entrée du scénario (ainsi que la biodiversité).**

Priorité à la réduction des émissions pas spécialement à l'augmentation des puits de carbone/substitution.

Ce travail s'appuie sur une petite échelle, l'échelle locale, qui permet de considérer un ensemble de processus essentiels pour la société : local employment, local environmental management (biodiversity, landscapes, soil conservation, water protection), local governance and autonomy. Mais il ne faut pas oublier de lier la considération des enjeux de l'AE à l'échelle locale à celles des échelles plus larges notamment :

pour vérifier si les système AE locaux permettent la production d'une quantité de nourriture pour l'Europe suffisante, en tenant compte de l'importation/exportations

pour tenir compte de certains processus et facteurs externes qui occurrent à l'échelle nationale, européenne ou mondiale.

Les auteurs soulignent l'importance du changement à engager en matière de politiques publiques et leur nécessaire pour la mise en place d'une agriculture agroécologique. Il faut combiner les politiques de développement rural et environnemental aux politiques alimentaires qui regroupent à la fois les politiques agricoles mais aussi celles liées à la sécurité sanitaire des aliments, aux modes de consommation et celles agissant sur l'entièreté de la chaîne alimentaire.

C'est un projet agroécologique fondé sur l'abandon des pesticides et des engrais de synthèse, et le redéploiement de prairies extensives et d'infrastructures paysagères permettrait une prise en charge cohérente de ces enjeux.

Le scénario TYFA s'appuie sur la généralisation de l'agroécologie, l'abandon des importations de protéines végétales et l'adoption de régimes alimentaires plus sains à l'horizon 2050. Malgré une baisse induite de la production de 35 % par rapport à 2010 (en Kcal), ce scénario :

nourrit sainement les Européens tout en conservant une capacité d'exportation ;

réduit l'empreinte alimentaire mondiale de l'Europe ;

conduit à une réduction des émissions de GES du secteur agricole de 40 % ;
permet de reconquérir la biodiversité et de conserver les ressources naturelles.

La production agricole, l'évolution de l'alimentation et des échanges

Volonté d'une plus grande autonomie, mais pas autarcie non plus. Volonté d'avoir une capacité d'exportation en céréales vers les pays méditerranéens et de maintenir les prairies permanentes (permis grâce au 8% de SAU non utiles pour la production d'alimentation des européens). Maintien des exportations de céréales et de vin, des importations de produits non substituables (café, cacao...) et légère diminution des exportations de lait et produits laitiers (à un niveau permis par les nouveaux rendements dues aux pratiques agroécologiques).

Division par 2 de la consommation de viande = -35% des surfaces végétales donc, non, l'agroécologie ne consomme pas trop de terres et oui, elle peut nourrir toute l'Europe.

Les changements d'usage des terres résultant du scénario

Place très importante des élevages herbagers extensifs et des prairies permanentes car rôle essentiel pour les flux de fertilité, la biodiversité et la gestion des paysages. Il y a donc une légère réduction du cheptel bovin pour respecter les recommandations nutritionnelles, mais beaucoup moins que dans d'autres scénarios qui, eux, vont drastiquement baisser les cheptels pour réduire les EGES.

Le bilan d'azote et la gestion de la fertilité

Arrêt total des pesticides de synthèse et abandon des engrais de synthèse. Maximisation des flux de fertilisation naturelle. Les légumineuses jouent alors un rôle prépondérant.

Bouclage du bilan d'azote européen en n'utilisant que la fixation naturelle du N des légumineuses. Mais les résultats sont très tendus et reposent sur une efficacité très élevée de l'usage du N avec un coefficient d'utilisation de 90% du N disponible (coeff beaucoup plus faible actuellement, d'où le gaspillage actuel et la forte proportion qui se retrouve dans les eaux ou l'air)

Les impacts environnementaux plus larges du scénario

Pas de production de bioénergie et surfaces allouées aux biomatériaux identiques à celles de 2010. Le potentiel limité de la production de biomasse non alimentaire constitue une limite majeure du scénario TYFA. C'est pourquoi a été construit le scénario TYFA – GES.

Premier résultat majeur de TYFA, la production agricole (production végétale + production animale) sous les hypothèses exposées en section 3 permet d' une part de satisfaire la demande alimentaire des Européens à 2050, malgré une forte diminution de la production totale (-30 % en équivalent kcal). Ce résultat est permis par l' adoption généralisée d' un régime alimentaire plus sobre en calories et en produits d' origines animales, donc moins demandeur en production agricole. La satisfaction de ces besoins s' accompagne par ailleurs de certaines marges de manœuvre. **En effet, seuls 92 % de la SAU** (dont 52 millions d' ha de prairies naturelles et 10 millions d' infrastructures agroécologiques) sont nécessaires pour couvrir les besoins des Européens selon le régime alimentaire proposé. **Les 8 % de SAU restant (soit un peu moins de 16 millions d' ha) sont alloués en fonction de deux objectifs : le maintien des prairies permanentes, et le maintien d' une capacité d' exportation en céréales vers les pays méditerranéens.** (pas de place pour la bioéconomie contrairement à la majorité des scénarios)

ATTENTION :

Le scénario recommande une réduction de la consommation de viande de -50% et -40% pour les produits laitiers ce qui aboutit à des niveaux finals de consommation, respectivement de 80g/j et 300g/j. Ce qui est assez différent du scénario Afterres2050. C'est étrange puisque Afterres recommande une grosse diminution des cheptels mais on y mangerait plus de viande que dans TYFA (ou alors c'est parce que la consommation de poulet reste identique, voire augmente ?!). Grosse différence pour les produits laitiers. C'est presque 3x moins dans Afterres2050. Recommandation TYFA > consommation actuelle.

Différence majoritaire avec WWF : WWF garde beaucoup de poule alors que TYFA garde quasi tout les bovins. C'est parce que dans TYFA, il y a zéro intrants donc les bovins sont bien utiles et aussi parce que la clé du modèle c'est la préservation de la biodiversité donc il faut garder les prairies, et sans bovin, pas de prairie. Et aussi parce que compétition pour alimentation humaine/animale pour les granivores.

Type d'agriculture

Une agriculture agroécologique dans toute l'Europe. Extension des infrastructures agroécologiques (haies, arbres, marres, habitats pierreux).

Baisse de production de 35% en kcal (par rapport à 2010) mais cela permet tout de même de nourrir les Européens et d'exporter certains produits.

Production animale

Au total, le maintien d'une consommation et donc d'une production de viande bovine résulte très majoritairement des hypothèses de conservation des surfaces en prairie et de l'extensification de la production laitière associée. Le fait que cette co-production de viande bovine par le lait en 2050 corresponde au niveau de consommation de 2010 est une coïncidence, pas une hypothèse structurante de la diète. Le fort niveau de viande bovine disponible induit une baisse de celle à fournir par les granivores, pour rester dans les limites des recommandations en matière de protéines d'origine animale.

Production végétale

Alimentation

Régimes alimentaires plus sains, moins riches en produits animaux et avec plus de fruits et légumes.

Fertilisation minérale et organique / cycles biogéochimiques

Pollutions ?

Pour l'azote, importance des prairies permanentes, des légumineuses (qui remplacent les prairies temporaires) qui doivent être présentes dans l'ensemble des systèmes de cultures européens et des déjections animales, notamment bovins. **Pas de méthanisation.**

La conclusion qui ressort du rapport est celle d'un bilan d'azote extrêmement tendu (et qui ne peut pas être vérifié et détaillé régions/pays par pays). Cependant, la valorisation des effluents urbains de stations d'épuration (**STEP**) pourrait réduire la pression. D'où l'importance de l'**économie circulaire**.

L'efficacité de l'usage de l'azote est très élevée (92 % si l'on ne compte que l'azote du fumier mobilisable sur la sole cultivée, un peu moins de 80 % si on compte tout l'azote).

Usage biomasse agricole (alimentation / énergie / matériau ?)

En dépit des promesses de la biodiversité, TYFA aborde la bioéconomie dans une perspective critique. Le scénario fait ainsi l'hypothèse d'une réduction à 0 de la part de biomasse utilisée à des fins énergétiques (gaz naturel par méthanisation tout comme agrocarburants) et d'un maintien des cultures industrielles (lin, chanvre, etc.) au même niveau que 2010.

Les usages non alimentaires de la biomasse sont par ailleurs sensiblement réduits dans TYFA, le scénario se situant de ce point de vue en décalage par rapport à certaines approches d'une bioéconomie très productive pour répondre à la nécessité de réduire l'usage des carburants fossiles. Ainsi, la production d'agrocarburants et de gaz naturel (par méthanisation) est réduite à 0 à 2050 contre, respectivement, 8,7 millions et 10,7 millions de tep en 2010, soit seulement 2% de la consommation énergétique européenne.

Stockage de carbone / Puits de carbone

Place de la forêt et usage de la biomasse

Place des politiques / Impacts économiques

Les auteurs soulignent l'importance du changement à engager en matière de politiques publiques et leur nécessaire pour la mise en place d'une agriculture agroécologique. Il faut combiner les politiques de développement rural et environnemental aux politiques alimentaires qui regroupent à la fois les politiques agricoles mais aussi celles liées à la sécurité sanitaire des aliments, aux modes de consommation et celles agissant sur l'entière chaîne alimentaire.

Echanges extérieurs / Autonomie

TYFA – GES IDDRI + AScA

Il a été développé pour tenter d'améliorer les performances en terme d'EGES du scénario initial sans remettre en cause son économie d'ensemble. Cette variante s'appuie sur une diminution plus importante du cheptel bovin : -35% au lieu de -14% ; et la mobilisation de prairies permanentes (18%) et de la moitié des déjections animales pour le développement de la méthanisation et la production de biogaz. Les réductions d'émissions atteignent -47%, le potentiel de séquestration du carbone est similaire à TYFA et la production de bioénergie s'élève à 189 TWh/an.

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	TYFA – GHG
Auteur	IDDRI & AScA
Date	2019
Partenaires associés	NR
Horizon temporel	2050
Zone géographique	Europe
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Tenter d'améliorer les résultats en termes d'EGES du scénario TYFA, tout en gardant le même objectif de prise en compte de la biodiversité, du social etc...
CONTENU	
Objectif GES visé	Réduction des EGES
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Agriculture / Alimentation / Bioénergies / Sécurité Alimentaire
Enjeux environnementaux traités	Biodiversité, Ressources en eau, Gestion des sols, Entretien des paysages
Variables clés du(es) scénario(s)	Place des prairies permanentes, agriculture biologique, extension des IAE, modification des régimes alimentaires, place de la méthanisation
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Rupture sociétale
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Même méthode de construction que TYFA
Point d'entrée principal dans la prospective	Consommation et biodiversité
Nombre de scénario	1
Nom des scénarios	TYFA – GHG

Type d'agriculture

Production animale

Réduction de 34% des cheptels bovin (contre 15% dans TYFA).

Production végétale

Alimentation

Fertilisation minérale et organique / cycles biogéochimiques

Développement maîtrisé et limité de la méthanisation à partir d'herbe des prairies et de déjections (ce qui permet davantage de réduire les cheptels bovins). 18% de la biomasse des prairies et 50% des déjections animales sont méthanisées. Cependant, le choix est fait de ne pas développer plus la méthanisation (bien que cela aurait permis de faire vraiment baisser le cheptel bovin et donc les EGES du secteur agricole) car l'épandage de digestat pose problème (pour l'eau et les sols notamment) et pose question sur la diversité des systèmes de culture (du fait des enjeux d'économie d'échelle associés aux investissements considérés).

Usage biomasse agricole (alimentation / énergie / matériau ?)

Stockage de carbone / Puits de carbone

Place de la forêt et usage de la biomasse

Place des politiques / Impacts économiques

Echanges extérieurs / Autonomie

Mix énergétique

Production de 189TWh de bioénergie grâce à la méthanisation.

Transport

Bâtiment

Industrie

ZEN 2050 – epe entreprises pour l'environnement

Imaginer et construire une France neutre en carbone

Description générale

INFORMATIONS GENERALES	
Titre	ZEN 2050
Auteur	epe
Date	2019
Partenaires associés	démarche collective : epe + des experts pour analyse/modélisations + des parties prenantes et un panel de citoyens
Horizon temporel	2050
Zone géographique	France
Objet central de la prospective (étude multithématique ou spécialisée)	Multithématique
Objectif de la prospective	Evaluer les conditions de faisabilité de la neutralité carbone en 2050
CONTENU	
Objectif GES visé	Neutralité carbone
Thématiques traitées (en lien avec la bioéconomie)	Toutes thématiques et tous secteurs d'activités économiques
Enjeux environnementaux traités	CC, Ressources en eau, Stockage de carbone, Place des ENR
Variables clés du(es) scénario(s)	
Hypothèses de rupture (sociétale / technologique)	Non
METHODE	
Mode d'élaboration des scénarios	Exploration de la faisabilité de la neutralité carbone avec travail de revue des études existantes, et convergence de deux travaux menés en parallèle
Point d'entrée principal dans la prospective	
Nombre de scénario	1
Nom des scénarios	Ce n'est pas vraiment un scénario

La diversité des secteurs et partenaires représentés dans le groupe d'étude est l'une des caractéristiques distinctives de l'étude et renforce sa crédibilité.

Le rapport s'ouvre sur la description de la vie de neuf ménages français en 2050, ce qui permet de se rendre compte du point d'arrivée et des transformations à mettre en œuvre pour y parvenir.

Vient ensuite une analyse des secteurs d'activités à faire évoluer et les leviers mobilisables pour stimuler les changements. L'objectif de l'étude n'est pas d'aboutir à un unique scénario mais de mettre en lumière les options possibles et les opportunités pour parvenir à la neutralité carbone.

Le rapport se conclut, dans une dernière partie, par une série de recommandations pour engager la transformation.

Par rapport aux autres ouvrages de prospectives, c'est la première fois que la transformation du système fiscal et financier est mentionné comme un levier clé de l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050. Certaines recommandations portent sur les investissements sectoriels à mettre en place pour la TEE. Il faut aussi agir à l'international pour faire de l'accès au marché européen un levier de la décarbonation mondiale et du marché carbone le levier d'une transformation industrielle compétitive.

Autre recommandation : faire des pôles urbains plus denses. Tous les scénarios ne s'accordent pas là-dessus. Dans ce scénario, cela permettrait, entre autres, de réduire la mobilité, de faciliter l'accessibilité aux transports en commun, d'augmenter la part de réseaux de chaleur.

Autre recommandation intéressante : réorienter la publicité pour faire évoluer les habitudes de consommation.

Le rapport recommande une digitalisation des systèmes techniques (pour plus de précision dans nos usages) tout en invitant à rester vigilant à l'impact environnemental du numérique.

Le rapport informe de l'urgence à mettre la transition écologique en route, avec politiques contraignantes, incitatives et socialement justes.

Une trajectoire ZEN n'est viable qu'au sein d'un mouvement européen et plusieurs pays européens ont des programmes de même nature à rapprocher.

Méthodologie

Exploration de la faisabilité de la neutralité carbone avec un travail de revue des études existantes, de la convergence de deux travaux menés en parallèle : définition de la neutralité carbone et de ses objectifs et une réflexion sociologique sur les évolutions des modes de vie pour y parvenir, puis formulation de conditions et de recommandations

Limites

Le CC et ses implications sur la production de biomasse, le stockage de carbone ou les besoins énergétiques, n'a pas été intégré à l'étude.

Évolutions des émissions, leviers et émissions résiduelles par secteur Étude ZEN 2050, EpE			
	Secteur	Principaux leviers mobilisables	Emissions résiduelles
Modérée (~50%)	Agriculture alimentaire	Pratiques agricoles, assiette (élevage), utilisation non alimentaire (bioéconomie)	Fermentations entériques, protoxyde d'azote (engrais)
	Aviation internationale	Biokérosène, efficacité énergétique, nouvelles technologies	Combustion de carburants fossiles
Forte (70-90%)	Industrie	Economie circulaire, efficacité énergétique, substitution et décarbonisation des vecteurs, optimisation des process (ciment, réfrigération...)	Certains process industriels (clinker, chimie, acier, verre ...)
	Eau et déchets	Diminution gaspillage, valorisation matière et énergie, réduction fuite méthane	Incinération déchets médicaux et dangereux, fuites de méthane, émissions stations d'épuration
	Production énergie	Décarbonation des vecteurs (électricité, chaleur), mobilisation de la biomasse (bois-énergie, gaz), flexibilité et stockage	Gaz réseau non décarboné dont fuites
Quasi-totale (>90%)	Bâtiments	Rénovation, Etiquette énergie BBC, changement vecteur énergétique (gaz, PAC), construction A, Systèmes de gestion de l'énergie, domotique et comportements, limitation fuites de climatisation Densification, attractivité des centres-villes et bourgs	Gaz non décarboné et fioul résiduel
	Transport domestique	Décarbonation, optimisation du remplissage, report modal, efficacité moteur, formes urbaines	Aviation, véhicules hybrides, GNV non décarboné
+ 50 à 100%	Puits carbone	Intensité de la sylviculture, pratiques agricoles, CCS, réduction de l'artificialisation des sols	-

Type d'agriculture

Développement de l'agroforesterie, du travail simplifié du sol, des cultures intermédiaires (comme préconisé par l'étude 4pour1000).

Diversification des productions pour réduire la dépendance aux productions de viande et de lait.

Production animale

Réduction du cheptel bovin, élevé au pré et alimenté plus localement.

Production végétale

Développement de la culture de légumineuses.

Alimentation

Régimes moins carnés, jusqu'à 70% de flexitariens en 2050.

Division par 2 du gaspillage alimentaire et de la surconsommation.

Fertilisation / cycles biogéochimiques

Réduction de l'usage des engrais azotés.

Remplacement de la fertilisation azotée par **la culture de légumineuses**.

Recours accru aux effluents d'élevage.

Usage biomasse agricole (alimentation / énergie ?)

Développement de la méthanisation.

Utilisation des déchets verts, des cultures intermédiaires et des co-produits pour produire des énergies bas carbone (biogaz, biocarburant...). Toute petite partie de cultures dédiées et herbes et fourrages servent pour le débouché énergétique.

L'étude soulève deux questions : quelle gouvernance pour arbitrer entre les différentes utilisations possibles de la biomasse ? Est-il possible et souhaitable d'augmenter la production de biomasse (sachant que le scénario fait l'hypothèse d'un puits de carbone significatif qui la limite) ?

Stockage de carbone / Puits de carbone

Puits de carbone total largement accru : 100Mt CO₂ en 2050 = doublement.

Le puits de carbone forestier retenu est adapté du scénario « dynamiques territoriales » de l'étude INRA-IGN.

Le puits non forestier est obtenu en limitant très fortement l'artificialisation des sols et en adoptant des pratiques favorisant le stockage de C en agriculture et en préservant les prairies naturelles.

CSC est faiblement mobilisée : 10MtCO₂/an dont au moins la moitié sur les émissions de l'industrie.

Place de la forêt et usage biomasse

Extension de la forêt à un rythme modéré (40 000ha/an).

Gestion plus intensive dans certaines régions (adoption de stratégie de reboisement et de gestion sylvicole qui permettront de renforcer la résilience des écosystèmes forestiers face au CC).

Légère augmentation des prélèvements : prélèvement d'environ 60m³ de bois en 2050.

Augmentation de la production de BO (pour industrie et construction).

Limitation de la sylviculture dédiée au BE seulement aux massifs de faible valeur commerciale.

Place des politiques / Impacts économiques

Nécessité d'une sensibilisation et d'un accompagnement des consommateurs pour le développement d'une alimentation moins carnée et une meilleure information sur les relations entre alimentation, santé et climat.

Pour les productions agricoles, la plupart des changements peuvent être encouragés par la PAC (MAEC) et la politique agricole française.

Nécessité d'une transformation du système fiscale et financier pour parvenir à la neutralité carbone.

Nécessité de la mise en place de politique ambitieuses et cohérentes pour le secteur du bâtiment : obligations de travaux, réglementation environnementale, accompagnement financier et technique pour les ménages voulant rénover...

Fort développement des politiques **d'économie circulaire et de valorisation des déchets** (avec simplification du tri, diminution des déchets, écoconception, amélioration de la réparabilité des objets...)

Echanges extérieurs / Autonomie

NR

Mix énergétique

L'étude ZEN2050 est compatible avec les options de la PPE et de la SNBC et se limite à mettre en évidence des contraintes et marges de manœuvre du mix énergétique.

Réduction importantes des EGES du secteur de la production d'énergie.

Consommation finale d'énergie divisée par 2.

Développement massif des EnR.

Mix énergétique = électricité, gaz (dont grande majorité de biogaz), réseaux de chaleur, usage biomasse non destinée à l'alimentation.

Développement de moyens de stockage et de flexibilité de l'énergie.

Recours à l'**usage de réseaux de chaleur efficaces** permis par la densification de l'urbanisation.

Transport

Division par 10 des émissions GES de ce secteur à l'horizon 2050.

Augmentation de la mobilité (+17%).

Augmentation des modes collectifs et des modes doux (mais modestement). Le véhicule particulier reste majoritaire et augmente aussi. Augmentation du transport de marchandises (+30%).

Décarbonation totale du transport par remplacement des véhicules thermiques par des véhicules zéro émission (mais l'étude ne sélectionne pas une technologie particulière (électrique, gaz vert ou hydrogène)).

Développement de nouveaux mode d'utilisation des véhicules particuliers (covoiturage, autopartage...).

Bâtiment

Le scénario est ambitieux dans ce secteur.

Division par 10 des émissions GES de ce secteur à l'horizon 2050.

Rénovation complète du parc tertiaire et quasi complète du parc résidentiel.

L'approche de rénovation est privilégiée par rapport à destruction/reconstruction.

Rythme de rénovation ambitieux : 500 000 logements/an et 50 000 locaux tertiaires/an.

Augmentation de la taille du parc de logement de +30% (car augmentation du nombre de ménages et réduction du nombre de personnes par logement). **Rythme de construction** = celui fixé dans les scénarios Energie Climat Air pour la France à l'horizon 2035.

Industrie

Réduction maximum d'un facteur 4 des émissions GES du secteur d'ici 2050 grâce à :

Réduction du gaspillage et augmentation du recyclage des matières premières secondaires.

Electrification des procédés.

Utilisation de biomasse pour l'énergie et autres vecteurs carbonés.

Amélioration de la performance des processus (production d'H₂, séquestration du CO₂ par le béton lors de la production...)

Stabilité de la production en volume.

Développement souhaité des filières aval de transformation du bois pour faire de la substitution de matériaux.

	Diplôme : ingénieur Spécialité : agronome Spécialisation / option : POMAR Enseignant référent : Catherine Laroche-Dupraz	
Auteur(s) : Camille VILLARD Date de naissance : 28/05/1997		Organisme d'accueil : ADEME Adresse : 20 avenue du Grésillé 49004 Angers Cedex 01
Nb pages : 98	Annexe(s) : 6	Maître de stage : Antoine Pierart
Année de soutenance : 2020		
Titre français : Bioéconomie : contributions aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et perspectives		
Titre anglais : Bioeconomy : contributions to greenhouse gas emission reduction targets and foresights		
Résumé : La France et l'Union Européenne ont récemment construit des stratégies pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. La bioéconomie est présentée comme un secteur à mobiliser et développer pour y parvenir. L'objectif du rapport est de déterminer quelles sont les contributions de la bioéconomie durable pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Ce travail s'appuie sur la modélisation conceptuelle de la bioéconomie durable à l'ADEME ainsi que sur une analyse comparative des travaux de prospective dans lesquels sont construits un ou plusieurs scénario(s) de réduction des gaz à effet de serre (GES). De nombreux leviers bioéconomiques existent pour réduire les émissions de GES des territoires et ce sont les scénarios qui en mobilisent le plus qui parviennent à davantage réduire les EGES. Cependant, ce travail a fait ressortir qu'il existe des limites au développement de la bioéconomie durable. En effet, il faut tenir compte que la biomasse n'est pas une ressource infinie et bien concilier tous les usages de la biomasse (alimentaire, énergétique, matériaux), tout en préservant autant que possible les milieux. Il faut aussi s'assurer que les milieux qui stockent fortement du carbone (sols agricoles, forêts, prairies naturelles) possèdent des surfaces suffisamment importantes sur nos territoires et qu'ils sont en bon état écologique, pour pouvoir compenser nos EGES.		
Abstract : France and the European Union have recently developed strategies to achieve carbon neutrality by 2050. The bioeconomy is presented as a sector to be mobilized and developed to achieve this goal. The objective of the report is to determine the contributions of the sustainable bioeconomy to achieve carbon neutrality by 2050. This work is based on the conceptual modelling of the sustainable bioeconomy at ADEME as well as on a comparative analysis of foresight work in which one or several greenhouse gas (GHG) reduction scenario(s) are constructed. Numerous bioeconomic levers exist to reduce GHG emissions in the territories and it is the scenarios that mobilize the most that succeed in further reducing GHGs. However, this work has shown that there are limits to the development of the sustainable bioeconomy. Indeed, it is necessary to take into account that biomass is not an infinite resource and to reconcile all uses of biomass (food, energy, materials), while preserving the environment as much as possible. It is also necessary to ensure that the environments that store a lot of carbon (agricultural soils, forests, natural meadows) have a sufficiently large surface area on our territories and that they are in good ecological condition to be able to compensate for our EGES.		
Mots-clés : Bioéconomie, Biomasse Emissions de gaz à effet de serre, Prospective, Modélisation conceptuelle, Revue de la littérature		
Key Words: Bioeconomy, Biomass, Greenhouse gaz emission, Foresight, Conceptual modelling, Literature review		