



HAL
open science

Rapport final du projet Boat : biomasses d'origine agricole à l'échelle de territoires. Quelles formes de gestion et valorisation : entre cloisonnement, concurrence ou intégration ?

Sophie S. Madelrieux, Myriam Grillot, Sabrina Dermine-Brullot, Pauline Marty, Olivier Godinot, Jean-François Ruault, Petros Chatzimpiros, Andréa Wiktor Gabriel, Nicolas Buclet, Philippe Lescoat

► To cite this version:

Sophie S. Madelrieux, Myriam Grillot, Sabrina Dermine-Brullot, Pauline Marty, Olivier Godinot, et al.. Rapport final du projet Boat : biomasses d'origine agricole à l'échelle de territoires. Quelles formes de gestion et valorisation : entre cloisonnement, concurrence ou intégration ?. [Rapport de recherche] Ademe. 2020. halshs-03277158

HAL Id: halshs-03277158

<https://shs.hal.science/halshs-03277158>

Submitted on 31 Jul 2023

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.

Biomasse d'origine agricole à l'échelle des territoires

Quelles formes de gestion et valorisation
: entre cloisonnement, concurrence ou
intégration ?



EXPERTISES

Décembre
2020

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des chercheurs et des partenaires engagés dans le projet (LESSEM -IRSTEA puis INRAE-, UMR PACTE -UGA-, CREIDD -UTT-, UMR SADAPT -AgroParisTech-). Nous remercions particulièrement Myriam Grillot (LESSEM puis UMR AGIR -INRAE-), Olivier Godinot (AgroCampus Ouest), Petros Chatzimpiros (Université de Paris) et Olivier Scheurer (UniLaSalle), qui ont contribué continuellement au projet même si leurs laboratoires n'étaient pas des partenaires officiels du projet.

Nous remercions aussi l'ensemble des agriculteurs, des acteurs des filières et territoires du Nord de l'Aube et de la Vallée de la Drôme pour leurs engagements. Ils nous ont permis d'avancer sur les problématiques étudiées en les enrichissant par les échanges et le temps qu'ils nous ont accordé, et ont ainsi largement contribué au projet Boat. Pour l'Aube, nous remercions particulièrement la Chambre d'Agriculture et sa commission élevage. Pour la Vallée de la Drôme, la Communauté de communes du Val de Drôme et la Chambre d'Agriculture de la Drôme.

CITATION DE CE RAPPORT

Madelrieux S., Grillot M., Dermine-Brullot S., Marty P., Godinot O., Ruault J-F, Chatzimpiros P., Gabriel A., Buclet N., Lescoat Ph., 2020. Rapport final du projet Boat : biomasses d'origine agricole à l'échelle de territoires. Quelles formes de gestion et valorisation : entre cloisonnement, concurrence ou intégration ? 58 pages + annexes.

Si le rapport est en ligne ajouter :

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 17-03-C0004

Étude réalisée par Sophie Madelrieux, Myriam Grillot, Sabrina Dermine-Brullot, Pauline Marty, Olivier Godinot, Jean-François Ruault, Petros Chatzimpiros, Andréa Gabriel, Nicolas Buclet, et Philippe Lescoat, pour ce projet financé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par Philippe Lescoat (AgroParisTech)
Appel à projet de recherche : Graine

Coordination technique - ADEME : Nicolas TONNET
Direction/Service : Service Forêt, Alimentation, Bioéconomie

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	6
ABSTRACT	7
1. RAPPEL DU CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET	8
2. POSITIONNEMENT : APPROCHE BIOECONOMIQUE DE LA BIOECONOMIE PAR LE METABOLISME SOCIAL	8
2.1. Approche critique de la bioéconomie.....	8
2.2. Cadre « bioeconomics »	9
2.3. Diversité d’approches du métabolisme social	9
2.4. Positionnement du projet Boat : une approche bioéconomique de la bioéconomie.....	10
3. METHODOLOGIE D’ENSEMBLE DU PROJET	10
3.1. Deux cas d’étude contrastés.....	10
3.2. Description du métabolisme : le modèle fonds-flux.....	11
3.3. Grille d’analyse du métabolisme : ancrage/autonomie/empreinte/potentiel de changement.....	11
3.3.1. Ancrage (vs délocalisation).....	12
3.3.2. Autonomie (vs dépendance).....	12
3.3.3. Empreinte	12
3.3.4. Potentiel de changement.....	12
3.4. Démarche de construction du métabolisme selon les données disponibles : du « proto-métabolisme » au métabolisme consolidé	12
3.4.1. Construction d’un « proto-métabolisme ».....	13
3.4.2. Consolidation du métabolisme par enquête de terrain.....	13
3.5. Utilisation du métabolisme en situation de changement et analyse du changement	13
3.5.1. Analyse du changement	13
3.5.2. Interactions avec les acteurs des filières et territoires	14
3.6. Difficultés de terrain rencontrées et ré-orientations	14
4. RESULTATS	15
4.1. Proto-métabolisme	15
4.1.1. Résultats méthodologiques : opérationnaliser la grille d’analyse du métabolisme à partir des bases de données publiques en accès libre.....	15
4.1.1.1. Ancrage	16
4.1.1.2. Autonomie.....	16
4.1.1.3. Empreinte.....	17
4.1.2. Résultats situés : le proto-métabolisme de la Vallée de la Drôme et du Nord de l’Aube.....	17
4.1.3. Productions.....	18
4.1.3.1. SI-BOAT.....	18
4.1.3.2. Valorisations	19
4.1.3.3. Utilisations de l’outil SI-BOAT (hors projet Boat).....	19
4.2. Consolidation du métabolisme	20
4.2.1. Les liens métaboliques entre acteurs	20

4.2.1.1.	Résultats méthodologiques.....	20
4.2.1.2.	Résultats situés : le métabolisme de la Vallée de la Drôme et du Nord de l’Aube	21
4.2.1.2.1.	Le métabolisme des filières de valorisation de la BOA dans le Nord de l’Aube	21
4.2.1.2.2.	Le métabolisme des filières de valorisation des BOA dans la Vallée de la Drôme	22
4.2.1.2.3.	Le métabolisme des biomasses résiduelles (BR) dans la Vallée de la Drôme	23
4.2.1.3.	Productions	24
4.2.2.	Les empreintes	25
4.2.2.1.	Résultats méthodologiques.....	25
4.2.2.1.1.	Empreinte environnementale	25
4.2.2.1.2.	Empreinte énergétique et azote	25
4.2.2.1.3.	Empreinte socio-économique.....	27
4.2.2.2.	Résultats situés	28
4.2.2.2.1.	Empreinte environnementale	28
4.2.2.2.2.	Empreinte énergétique et azote	30
4.2.2.2.3.	Empreinte socio-économique.....	32
4.2.2.3.	Productions	34
4.3.	Le métabolisme comme objet intermédiaire pour relire l’histoire, comprendre les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie ou scénariser le futur	34
4.3.1.	Le métabolisme pour comprendre les transformations socio-métaboliques passées du système de gestion et valorisation des BOA	34
4.3.1.1.	Transformations socio-métaboliques passées dans le Nord de l’Aube	34
4.3.1.2.	L’influence des initiatives institutionnelles sur le métabolisme des BOA dans la Vallée de la Drôme	35
4.3.2.	Le métabolisme pour décrypter les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie institutionnelle : illustration dans le Nord de l’Aube avec le déploiement de la méthanisation...	36
4.3.3.	Le métabolisme pour penser/scénariser le futur	38
4.3.3.1.	Un essai de scénarisation prospective sur la base des tendances à l’œuvre dans le Nord de l’Aube	38
4.3.3.2.	Ateliers prospectifs menés dans le Nord de l’Aube	39
5.	DISCUSSION	42
5.1.	Intérêts et limites de notre approche par le métabolisme socio-économique	42
5.1.1.	Le proto-métabolisme	43
5.1.2.	Les empreintes	44
5.1.2.1.	Empreinte environnementale	44
5.1.2.2.	Empreinte énergétique et azote : potentiels de changement et pistes de réflexion.....	44
5.1.2.3.	Empreinte socio-économique.....	45
5.1.2.4.	Croisement des empreintes	45
5.1.3.	La consolidation du métabolisme.....	46
5.1.3.1.	Analyse du métabolisme	46
5.1.3.1.1.	Le métabolisme des BOA du Nord de l’Aube et de la vallée de la Drôme.....	46
5.1.3.1.2.	Le métabolisme comme objet intermédiaire pour susciter réflexivité et action.....	47
5.1.3.2.	Réalité du métabolisme comme objet intermédiaire pour susciter réflexivité et action dans les deux territoires associés au projet	47
5.2.	Une approche bioéconomique teintée « écologie industrielle » qui gagnerait à s’ouvrir à l’« écologie des terrestres ».....	48
5.3.	Les questions soulevées	49
6.	PERSPECTIVES.....	51
	Côté recherche.....	51
	Avec nos partenaires non académiques.....	51
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	56
SIGLES ET ACRONYMES PRINCIPAUX.....	57

RÉSUMÉ

Depuis les années 2000, la bioéconomie cristallise, en Europe, les ambitions d'une transition vers une économie décarbonée et source de valeur ajoutée. Parce qu'elle est une ressource renouvelable clé, la biomasse d'origine agricole (BOA) est au carrefour de différentes stratégies nationales, peu articulées entre elles, et ayant vocation à être déclinées dans les territoires. Or les décideurs manquent de méthodes et d'outils systémiques pour enclencher une transition bioéconomique, pourtant nécessaire face à la concurrence entre les usages concurrents des BOA, et à la déconnexion croissante entre acteurs des filières et des territoires.

Partant d'une approche critique de la bioéconomie institutionnelle (« bioeconomy » en anglais), nous proposons une approche bioéconomique (au sens « bioeconomics », paradigme scientifique développé par N. Georgescu-Roegen prenant en compte les limites planétaires et plaçant pour une approche métabolique des activités humaines, s'appuyant sur les concepts de flux et de fonds) de la bioéconomie. Les objectifs de ce projet de recherche-action, en lien avec deux territoires (Nord de l'Aube et Vallée de la Drôme), ont alors été de tester les intérêts d'une telle approche métabolique à l'échelle territoriale pour : i) comprendre les transformations socio-métaboliques passées du système de gestion et valorisation des BOA d'un territoire ; ii) saisir les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie ; iii) scénariser le futur, notamment en envisageant la poursuite des tendances actuelles ou le déploiement de signaux faibles.

Comme il est particulièrement difficile de réunir les données relatives aux sources et aux usages de la BOA en France, nous avons produit un outil SI-BOAT, système d'information rassemblant diverses bases de données en libre accès et intégrant de multiples dimensions (biophysiques et socio-économiques) mises en jeu par le développement des usages de la BOA. Avec une interface en ligne, il permet d'avoir accès aisément aux bases de données et à des indicateurs, pour une zone d'étude personnalisée. Les bases de données disponibles sont toutefois limitées pour identifier les flux réels et ne disent rien des logiques d'acteurs. Nous avons alors produit une démarche de consolidation du métabolisme par enquête de terrain et évaluation des empreintes environnementale, énergétique et socio-économique associées. L'ensemble a été utilisé lors d'ateliers de réflexivité ou de prospective avec des acteurs des filières et des territoires. Nous montrons à partir des deux territoires étudiés, en quoi cette démarche vient questionner les formes d'ancrage, de dépendances et d'empreintes associées au métabolisme des BOA, ainsi que les potentiels de changement.

ABSTRACT

Since the 2000s, bioeconomy has crystallized in Europe the ambitions of a transition towards a low-carbon economy and a source of added value. Because it is a key renewable resource, biomass of agricultural origin (BAO) is at the crossroads of different national strategies, not well articulated between them, and intended to be implemented at a territorial scale. However, decision-makers lack systemic methods and tools to initiate a bioeconomic transition, which is nevertheless necessary in the face of competition between the competing uses of BAOs, and the growing disconnection between actors of value chains and territories. Starting from a critical approach to institutional bioeconomy, we propose a bioeconomic approach (in the sense of “bioeconomics”, a scientific paradigm developed by N. Georgescu-Roegen taking into account planetary limits and pleading for a metabolic approach of human activities, based on the concepts of flow and funds) of the bioeconomy. The objectives of this action research project, in connection with two territories (North of the Aube and the Drôme Valley), were then to test the interests of such a metabolic approach at the territorial level for: i) understand past socio-metabolic transformations of the management system of BAO in a territory; ii) grasp the ongoing transformations linked to the development of the bioeconomy; iii) scripting the future, in particular by considering the continuation of current trends or the deployment of weak signals. As it is particularly difficult to collect data relating to the sources and uses of BAO in France, we have produced a tool named SI-BOAT, an information system bringing together various open-access databases and integrating multiple dimensions (biophysical and socio-economic) brought into play by the development of uses of BAO. With an online interface, it provides easy access to databases and indicators, for a personalized study area. The databases available are however limited to identify real flows and say nothing about the logics of actors. We then produced an approach to consolidate the metabolism by field survey and evaluation of the associated environmental, energy and socio-economic footprints. The whole was used during reflexivity or prospective workshops with actors from value chains and territories. We show from the two territories studied how this approach questions the forms of embeddedness, dependencies and footprints associated with the metabolism of BAO, as well as the potentials for change.

1. Rappel du contexte et objectifs du projet

Dans un contexte de forte dépendance aux importations d'énergies fossiles, de crise structurelle de la politique agricole commune et d'incertitudes majeures quant aux marchés agricoles et évolutions des modes de consommation, les attentes de l'Union Européenne en matière de relance économique sont pressantes. Aussi, depuis les années 2000, la bioéconomie cristallise, en Europe, les ambitions d'une transition vers une économie décarbonée (Grillot et al., 2021) et susceptible d'être source de valeur ajoutée (Pahun et al., 2018). Parce qu'elle est une ressource renouvelable clé, et à rythme de renouvellement relativement rapide, la biomasse d'origine agricole (BOA) est aujourd'hui au carrefour de différentes stratégies nationales (ex. : stratégie bioéconomie pour la France, projet agro-écologique pour la France, programme national pour l'alimentation...) souvent peu articulées entre elles, ayant vocation à être déclinées dans les régions et les territoires et en cohérence avec les stratégies de développement territorial (ex. : schéma régional biomasse, territoires à énergie positive, plan climat air énergie territorial, plan alimentaire territorial...).

Or les décideurs manquent de méthodes et d'outils systémiques permettant une planification, pourtant nécessaire du fait de la concurrence entre les usages alimentaires (consommation humaine, consommation animale) et non-alimentaires (énergie, matériaux biosourcés, retour au sol) des biomasses. Le projet Boat visait à privilégier une approche territoriale dans une perspective de recherche-action et s'est focalisé sur la BOA (à l'exclusion des biomasses forestières).

Les objectifs scientifiques du projet étaient de produire : i) des outils nécessaires à une réflexion prospective. Ils visaient en particulier à fournir un outil de caractérisation des BOA d'un territoire, de leurs modes de production et valorisation, une méthode d'analyse des filières associées et de leurs relations, ainsi qu'une mesure des empreintes énergétique, environnementale et socio-économique pour le territoire; ii) des connaissances sur ces formes de gestion et de valorisation des BOA.

Les objectifs opérationnels visaient à accompagner les acteurs des deux territoires pour penser le devenir de la production et des usages de la BOA, et construire des perspectives durables (réflexivité et prospective territoriale).

Pour cela un consortium de recherche a été constitué, rassemblant sciences biophysiques et sciences sociales, afin de faire dialoguer des méthodes et outils disciplinaires ou sectoriels. Et deux territoires contrastés sur diverses dimensions (le Nord de l'Aube -NA- et la Vallée de la Drôme -VDD), ont été choisis pour permettre i) une montée en généralité des méthodes déployées ; ii) d'éclairer les conditions socio-techniques et écologiques spécifiques dans lesquelles la BOA est gérée au niveau territorial.

2. Positionnement : approche bioéconomique de la bioéconomie par le métabolisme social

2.1. Approche critique de la bioéconomie

C'est au début des années 2000 que la bioéconomie est érigée comme mot d'ordre institutionnel (« bioeconomy » en anglais) au niveau européen (Pahun et al., 2018). Pourtant, la bioéconomie est de manière plus ancienne un paradigme scientifique (« bioeconomics » en anglais) s'intéressant aux fondements physiques et biologiques des sociétés humaines (Georgescu-Roegen, 1971). Cet auteur met en lumière la non durabilité des modèles économiques basés sur des processus productifs linéaires : consommateurs de matière et d'énergie, producteurs de déchets, non compatibles avec les rythmes de renouvellement des ressources ou la capacité d'assimilation des déchets, et producteurs d'inégalités sociales (Madelrieux et al., 2020).

Les travaux dans cet héritage « bioeconomics » sont très critiques de la « bioeconomy » (Gabriel, 2021 ; Madelrieux et al., 2020 ; Marty et al., 2021). Parmi les arguments, on peut citer : les rythmes de fonctionnement des systèmes vivants incompressibles et difficilement compatibles avec une intensification des processus de production (Giampietro, 2019); le paradoxe de Jevons (Alcott, 2005)¹ ; les limites au recyclage (Jørgensen, 2019) notamment par la dissipation d'énergie inhérente à tout processus de transformation y compris le recyclage, ou encore dans certaines circonstances, l'accumulation de contaminants, par exemple de métaux lourds dans les résidus organiques utilisés pour la fertilisation (Gabriel, 2021 citant Tella et al., 2013) ; les transferts de pressions environnementales entre territoires (ex : gaz à effet de serre, eau, terres arables incorporées dans les échanges de biens et services, Bruckner et al., 2019 ; Harchoui et Chatzimpiros, 2017) ; les interrelations entre acteurs, activités, processus difficiles à initier et stabiliser, et les effets courants de verrouillage et d'auto-renforcement (Magrini et al., 2019). La question de la sobriété est également posée dans le cadre « bioeconomics », en tant que levier d'une durabilité forte, alors qu'elle est quasi-absente des textes sur la « bioeconomy » (Madelrieux et al., 2020).

¹ Jevons s'intéressant aux améliorations techniques apportées à l'utilisation du charbon, en Angleterre en pleine révolution industrielle, remarque que contrairement à ce qui aurait pu être attendu, l'optimisation de l'utilisation du charbon n'entraîne pas une baisse de son exploitation, mais génère au contraire son accélération. Le paradoxe de Jevons stipule ainsi que l'optimisation de l'utilisation des ressources entraîne, contre-intuitivement, leur surexploitation (Alcott, 2005). Ce qui a déjà été constaté dans la production et l'usage des BOA (Regan et al., 2017 ; Jouan et al., 2020).

2.2. Cadre « bioeconomics »

Afin de ré-inscrire les modèles de développement des sociétés dans leurs substrats biophysiques, le paradigme « bioéconomique » (bioeconomics) déployé par Georgescu-Roegen propose de modéliser les processus économiques à l'aide d'un modèle fonds/flux, où l'habituelle comptabilité accumulative en termes de stock-flux serait remplacée par une approche en termes de « fonds » émetteurs-récepteurs de « flux ». Dans cette perspective, les ressources naturelles ne sont plus un facteur parmi d'autres, elles sont le facteur originel qui permet aux autres facteurs d'exister. On ne peut alors plus substituer les ressources par du capital physique ou humain de façon illimitée (figure 1). On reconnaît également que le processus ne produit pas seulement des marchandises ou des services de valeur, mais également des déchets, pour lesquels, l'environnement naturel a également des capacités d'assimilation limitées (Missemer, 2013). Les flux correspondent à une certaine quantité de matière, de substance ou d'énergie prélevée sur un stock, qui se transforme au cours d'un processus productif. Les fonds correspondent aux facteurs durables, qui ne peuvent être utilisés qu'à un certain rythme, dépendant de leurs caractéristiques, et qui ne changent pas d'état au cours du processus productif. Ils soutiennent plusieurs processus (ce qui produit des services multiples) (Georgescu-Roegen, 1971).

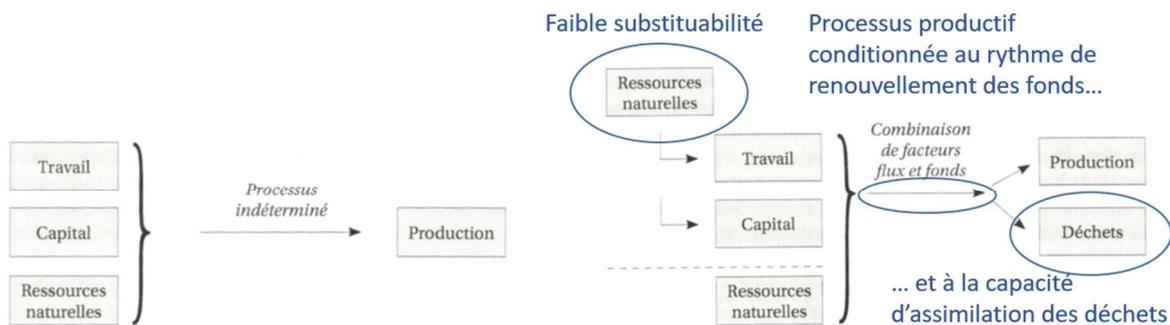


Figure 1. Lecture standard des processus

Figure 2. Lecture bioéconomique des processus

Dans la lecture standard des processus économique (figure 1 ci-dessus), les ressources naturelles sont un facteur de production parmi d'autres, on considère qu'elles sont illimitées ou on cherche à optimiser le stock disponible, sans considération pour leur rythme de renouvellement. Dans la lecture bioéconomique (figure 2 ci-dessus), les ressources naturelles ne sont plus un facteur parmi d'autres, elles sont le facteur originel qui permet aux autres d'exister. On ne peut alors plus substituer ces ressources naturelles par du capital physique ou humain de façon illimitée. Elles sont un fond dont il faut s'assurer le renouvellement en respectant leur rythme. Ces fonds ont également une capacité d'assimilation des déchets limités dont il faut se soucier.

Figure 1 : schématisation du paradigme bioéconomique (Source : Missemer (2013) relu par Allain et al., 2020)

L'économie, aussi bien comme discipline que comme activité pratique, doit donc tenir compte des lois physiques, et en tirer les conséquences pour son avenir à long terme. Il s'agirait de changer les outils et les prismes de lecture de l'économie afin de s'assurer d'un usage durable des fonds (écologiques en particulier) et de circonscrire le régime de développement à celui des flux de matière et d'énergie procurés par ces fonds (Missemer, 2013). Georgescu-Roegen plaide ainsi pour une réinscription du développement économique dans les limites planétaires et, sans jamais la nommer ainsi, pour une approche métabolique de l'économie (Madelrieux et al., 2020). Les héritages des travaux de Georgescu-Roegen s'inscrivent en économie biophysique ou en économie écologique avec une diversité d'approches du métabolisme « de nos sociétés » aussi nommé « métabolisme social » (Gonzalez de Molina et Toledo, 2014 ; Haberl et al., 2016 ; Gabriel et al., 2020) ou « métabolisme socioéconomique » (Fischer-Kowalski et Haberl, 1998 ; Pauliuk et Herwitch., 2015).

2.3. Diversité d'approches du métabolisme social

Gabriel et al. (2020) analysent la manière dont le métabolisme social est utilisé dans la littérature traitant des systèmes agri-alimentaires. Ils distinguent huit écoles de pensée selon leurs modes de représentation du métabolisme et des liens à l'action. Ces écoles de pensées s'inscrivent dans trois grands types de représentations, les représentations : i) basées sur l'espace ; ii) centrées sur les agents économiques ; iii) multi-facettes et composites.

Les représentations basées sur l'espace focalisent sur la circulation des flux de matière et d'énergie (Fischer-Kowalski et Haberl, 2015). L'analyse est la plupart du temps mise en œuvre à l'aide de bases de données, à des échelles où celles-ci sont disponibles (échelle mondiale, nationale, voire régionale, et beaucoup plus rarement infra-régionale, Courtonne et al., 2016). La société y est vue comme un ensemble de boîtes noires dans et entre lesquelles circulent les flux (Gomiero, 2017).

Les représentations centrées sur les acteurs décrivent le métabolisme en termes de flux de matières entre les différents agents économiques. Ces approches métaboliques s'intéressent aux types de réseaux et systèmes d'acteurs reliés par les flux de matière et leur gouvernance. Elles permettent d'intégrer à l'analyse des dimensions d'autonomie/dépendance des acteurs, d'ancrage/de distanciation au territoire (Madelrieux et al., 2017), des structures de pouvoir dans lesquelles ils sont intégrés (Nuhoff-Isakhanyan et al., 2017) et des différentes proximités sur lesquelles ils s'appuient (Dansero et Puttilli, 2014).

Quant aux représentations multi-facettes, elles ne décrivent pas les systèmes agri-alimentaires en termes de flux à grande échelle, ni ne proposent une analyse des fonds uniquement centrée sur les agents économiques. Elles prennent en considération les fonds écologiques. Elles peuvent renvoyer à des analyses multi-échelle ou multi-niveaux des systèmes (Giampietro et al., 2009). Elles cherchent plus largement à comprendre ce qui se passe dans le processus de construction et de stabilisation des

réseaux composées de multiples agents actifs, humains et non-humains autour de la biomasse (Akrich et al., 2006). L'évolution du flux est suivie, et ses transformations sont analysées en relation avec d'autres agents (outils technologiques, marchés, institutions, etc.). Aucune échelle n'est explicitement décrite.

2.4. Positionnement du projet Boat : une approche bioéconomique de la bioéconomie

Dans Boat, par rapport aux critiques de la « bioeconomy », et afin d'inscrire les filières de production et de valorisation des BOA à la fois dans les territoires et dans les limites planétaires, il nous a semblé incontournable de nous positionner dans le cadre « bioeconomics », afin de mieux comprendre le métabolisme des BOA, et de déployer ainsi une approche bioéconomique (au sens « bioeconomics » de la bioéconomie (au sens « bioeconomy »)). De plus, ce choix, s'il était implicite dans la construction du projet Boat, a été explicité et précisé au cours de celui-ci, dans la mesure où il semblait également pouvoir permettre la convergence et le dialogue entre les représentants des différentes disciplines.

Or toute représentation du métabolisme est politique au sens où elle ne donne à voir que certains aspects de la réalité. De plus, types de représentation du métabolisme et types d'action sur ce métabolisme sont étroitement associés (Gabriel et al., 2020). Chaque représentation n'a aucune valeur en soi et ne peut être testée qu'en fonction des conséquences pratiques (réflexivité, action) qu'elle permet. Étant donnée la diversité des critères d'appréciation, et de valeurs associées à ces représentations, pas toujours compatibles entre elles et à faible comparabilité (Martinez-Alier et al., 1998), nous avons choisi de nous appuyer sur une pluralité de représentations possibles, afin qu'il puisse exister des multiples représentations mutuellement irréductibles et pourtant « valables » du métabolisme (Gabriel, 2021). Certaines sont centrées sur l'espace, d'autres sur les agents économiques, d'autres sont composites. Toutefois, pour pouvoir les faire dialoguer, nous les articulons au modèle fond-flux (Grillot et al., 2021 ; Marty et al., 2021 ; Gabriel, 2021). Elles sont autant d'expressions différentes de la façon de décrire des flux, des fonds, des interactions entre flux et fonds, et des relations entre fonds.

On propose de s'appuyer sur les critiques de la bioéconomie pour tester l'intérêt d'une approche métabolique à l'échelle territoriale pour :

- comprendre les transformations socio-métaboliques passées du système de gestion et valorisation des BOA d'un territoire (apparition/disparition/transformation des flux/fond)
- saisir les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie (notamment autour de la multiplication des projets de méthanisation) ou au développement de nouvelles filières ;
- scénariser le futur, notamment en envisageant la poursuite des tendances actuelles ou le déploiement de signaux faibles, concernant certains flux et fonds.

3. Méthodologie d'ensemble du projet

3.1. Deux cas d'étude contrastés

Pour tester l'approche et commencer à monter en généralité, deux terrains d'étude contrastés ont été choisis : le Nord de l'Aube, NA (154 communes, correspondant à l'aire d'AOP Brie de Meaux dans l'Aube) et la vallée de la Drôme, VDD (97 communes) (figure 2). Le NA est situé en zone de plaine, tandis que la VDD est pour partie en zone de montagne. Pour 1 551 exploitations agricoles dans le NA en 2010, et 1 224 dans la VDD, la surface agricole utile (SAU) en 2018 est trois fois inférieure dans la VDD (58 770 ha) que dans le NA (198 759 ha). La surface moyenne est de 35 et 126 ha par exploitation pour la VDD et le NA, respectivement. A ces différences structurelles, tout un ensemble de caractéristiques socio-économiques laissent penser que les contrastes entre ces deux territoires étaient nombreux. Par conséquent construire des méthodes et outils d'intérêt pour les deux territoires pouvaient permettre d'envisager une généralisation de leurs usages, ayant probablement encadré par ces deux exemples une grande partie du spectre des territoires agricoles métropolitains.

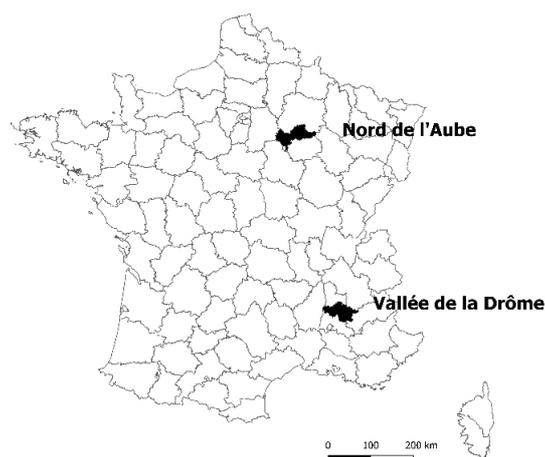


Figure 2: Localisation des deux terrains d'étude : Nord de l'Aube et vallée de la Drôme

3.2. Description du métabolisme : le modèle fonds-flux

Classiquement, les représentations des processus économiques s'appuient sur deux catégories analytiques : les flux et les stocks. Un stock représente l'état du système à un instant donné. Un flux représente le changement, la variation de stocks. Les analyses économiques reposent sur des comparaisons ou des ratios entre ces différents flux et stocks, (ex. : consommation d'énergie par PIB) Dans le modèle classique, les ressources naturelles, lorsqu'elles ne sont pas tout simplement négligées, sont alors considérées comme un facteur de production parmi d'autres. Elles peuvent être décrites comme un stock (gisement total d'hydrocarbures d'un pays) ou un flux (quantité de charbon extraites sur un temps donné). Selon Georgescu-Roegen (1971) : stock et flux ne nous disent rien du processus économique en lui-même, seule la variation de stock est porteuse d'information (Gabriel, 2021). Un indicateur de consommation d'énergie par PIB permet d'avoir un ordre d'idée de l'énergie nécessaire pour produire une certaine richesse économique, mais il ne nous dit rien de l'activité réellement en jeu : le processus économique est une boîte noire. Comparer des pays selon cet indicateur ne nous informe en rien sur le fonctionnement réel de l'économie (Giampietro, 2014).

Georgescu-Roegen (1971) propose alors de décomposer les processus économiques en processus élémentaires, et de les analyser grâce à deux concepts complémentaires : les fonds et les flux.

Les flux, comme dans le modèle stock/flux, représentent le changement : ils sont habituellement utilisés pour représenter une entrée ou une sortie d'un processus donné (Giampietro, 2004). Par exemple, dans la production de lait de vache, il s'agit typiquement du fourrage, consommé par les animaux au cours d'une année, et du lait, produit par le troupeau au cours de cette année. Par contre, la nouvelle entité « fonds » correspond aux entités durables, qui ne sont ni produites, ni détruites au cours du processus. Elles le traversent en conservant quasiment toutes leurs propriétés. Ils fournissent un ou des services, et en cela, ils sont les agents actifs du processus. Dans le cas de la production de lait, il s'agit typiquement du troupeau de vaches. À la différence des stocks, les fonds sont définis par leur relative rigidité. Ils ne peuvent être utilisés qu'à un certain rythme, dépendant de leurs caractéristiques. Il faut nourrir les vaches, les laisser se reposer, les traire de façon à ce qu'elles puissent continuer à produire du lait. Le temps est essentiel dans la caractérisation des fonds. La stabilité des fonds est toujours précaire, et est assurée, imparfaitement, uniquement dans un laps de temps donné. À l'échelle d'une année de production, on peut considérer que le troupeau garde les mêmes propriétés (Gabriel, 2021).

En résumé, les fonds sont les agents actifs du processus, alors que les flux sont utilisés ou sont l'objet de l'action des agents. Le modèle fonds/flux ne se limite pas à une simple description des différents fonds et flux mobilisés. Georgescu-Roegen insiste sur l'importance de l'étude de l'agencement de ces fonds et des flux, qui participent à la réalisation effective du processus. Se limiter à décrire les facteurs, « c'est un peu comme si on limitait une recette de cuisine à sa seule liste des ingrédients. Or un plat réussi n'est pas qu'un empilement d'ingrédients, c'est aussi une certaine combinaison méthodique et fragmentée de ces ingrédients » (Missemer, 2013).

Les fonds donnés comme exemple par Georgescu-Roegen (1971) incluent les infrastructures et outils (une salle de traite), les hommes (qui fournissent un travail), la terre (qui fournit des services). Georgescu-Roegen n'a pas fourni de liste de facteurs qui pouvaient être considérés comme des flux ou des fonds. Il précise que la limite fonds/flux est toujours située, notamment dans un certain contexte technique. Par ailleurs, la liste des fonds n'est jamais absolument exhaustive, un facteur essentiel pouvant être oublié de la description par le scientifique. Le rôle d'un facteur est souvent révélé par son absence : c'est notamment le cas des services rendus par les écosystèmes, de plus en plus nombreux, découverts par la science au fur et à mesure de la disparition des êtres vivants et milieux qui les produisent (Gabriel, 2021). On peut toutefois grossièrement distinguer d'une part, des fonds « écologiques » dont il s'agit d'assurer le renouvellement et le bon état pour toutes ses propriétés, comme facteurs premier de la production, et les fonds « économiques » renvoyant aux acteurs et infrastructures de la production, et d'autre part, les flux de BOA qui circulent entre ces fonds.

3.3. Grille d'analyse du métabolisme : ancrage/autonomie/empreinte/potentiel de changement

Le métabolisme est entendu dans notre travail comme « métabolisme social » ou « métabolisme de la société » et fait référence aux échanges (complexes et dynamiques) de matière et d'énergie en jeu dans le fonctionnement des sociétés humaines, notamment entre activités humaines et environnement biophysique. Le métabolisme étudié, non seulement les bases

biophysiques du fonctionnement des sociétés humaines, mais plus encore la façon dont se structurent les flux (matériels et énergétiques) échangés dans le cadre de ce fonctionnement. Dans le projet Boat, nous avons développé une grille d'analyse du métabolisme des BOA, basée sur les notions d'ancrage, d'autonomie, d'empreinte (Madelrieux et al., 2017), afin d'identifier les potentiels de changement.

3.3.1. Ancrage (vs délocalisation)

A l'instar des travaux en *bioeconomics*, les approches du métabolisme des sociétés placent la nature biophysique et les limites planétaires de l'économie au premier plan, sans négliger pour autant les fondements sociaux et culturels des systèmes économiques. Le concept « d'ancrage », issu des travaux de Polanyi (1944) et Granovetter (1985), est mobilisé pour expliciter en quoi les acteurs économiques sont ancrés dans des réseaux spécifiques socialement construits. Plusieurs acceptions sont généralement utilisées : l'ancrage social², spatial ou géographique, plus récemment écologique (Baritoux et al., 2016), et territorial. Ces trois dernières sont remobilisées dans le projet Boat, et son approche métabolique, afin de nous permettre d'explorer :

- 1) les proximités spatiales, notamment entre fonds économiques (ancrage spatial) ;
- 2) les relations à l'environnement biophysique, notamment aux fonds écologiques (ancrage écologique) ;
- 3) les relations au « lieu » et aux spécificités de son milieu biophysique, de son « terroir », de ses savoirs et savoir-faire, et la spécification de ces ressources (ancrage territorial).

Ces différentes formes d'ancrage façonnent la production agricole et ses modes de valorisation. Cela nous permet de resituer la façon dont les filières : s'appuient sur des proximités entre fonds, l'usage des ressources locales et les valorisent ; sont reliées entre elles ou à d'autres activités localement (relations entre fonds, bouclages de flux), afin de mettre en évidence les synergies locales existantes, et la force de leur « localisation » (par rapport à de potentielles délocalisations des activités).

3.3.2. Autonomie (vs dépendance)

Saisir les formes d'autonomie et de dépendance d'un territoire, pour la production agricole et ses valorisations, vis-à-vis de ressources et d'opérateurs exogènes, ou d'autres territoires, via la lecture du métabolisme en jeu, permet de compléter l'analyse des formes d'ancrage, par celles des intrants utilisés par les producteurs et transformateurs, et des centres de décision et stratégies des opérateurs échappant à la gouvernance locale. Il peut en effet se trouver des filières ancrées localement d'un point de vue socioéconomique mais qui le sont peu écologiquement, et qui peuvent être fortement dépendantes d'intrants venant d'ailleurs. On peut également trouver des productions très ancrées écologiquement parlant, mais dépendantes de filières pilotées à une échelle nationale ou internationale et donc également fragilisées par de potentielles décisions prises en dehors de toute considération pour le territoire (Madelrieux et al., 2017). Cela interroge la notion d'autonomie, entendue comme (Stock et Forney, 2014) : i) liberté d'agir, soit comme valeur ; ii) position à un moment donné, dans un réseau plus large de relations économiques, environnementales et interpersonnelles, et donc comme un outil pour naviguer dans ce réseau. Dans une traduction métabolique, l'autonomie d'un système est alors à comprendre dans ses dimensions biotechniques et décisionnelles. Le système a-t-il la capacité de se suffire à lui-même et de fonctionner en économie circulaire (autonomie biophysique) (Tamura et Fujie, 2014) et/ou la capacité de gouvernance des flux (autonomie décisionnelle) (Nuhoff-Isakhanyan et al., 2017).

3.3.3. Empreinte

La notion d'empreinte est utile au projet Boat afin d'évaluer les effets du métabolisme en termes de bilan énergétique (Kim et al., 2018 ; Harchaoui et Chatzimpiros, 2018), environnemental (Fernandez-Mena et al., 2016) et socio-économique (Serrano-Tovar et Giampietro, 2014), par la conversion des flux en d'autres grandeurs. Il peut s'agir d'évaluer les ressources mises en jeu (ex. : utilisation des terres, utilisation de la ressource en eau, utilisation d'énergies non renouvelables) ; les impacts (ex. : émission de gaz à effets de serre, eutrophisation ou acidification des milieux) ; ou encore les services « rendus » ou richesses créées (ex. : dynamique de création d'emploi).

3.3.4. Potentiel de changement

Comprendre la circulation des flux de BOA et la nature des interactions entre acteurs (ancrage, autonomie), ainsi que les empreintes du métabolisme vise à mettre en regard différentes dimensions du métabolisme afin d'identifier les potentiels de changement, mais également les capacités d'action et de changement (ou leur absence) des acteurs et réseaux d'acteurs en présence. L'analyse de la stabilité des échanges de BOA, le niveau de satisfaction des acteurs ou les épreuves auxquelles ils sont confrontés, leurs perspectives d'évolution, aident à préciser les potentiels pour le futur.

3.4. Démarche de construction du métabolisme selon les données disponibles : du « proto-métabolisme » au métabolisme consolidé

Deux verrous ont été identifiés au développement des usages de la BOA par Alexandre et al. (2012) : i) celui de la mobilisation des ressources en biomasse et des facteurs de concurrence quant aux usages de la biomasse ; ii) celui de l'évaluation technico-économique et environnementale des filières actuelles et à venir. Ces auteurs soulignent également que ces verrous ne peuvent être levés que sur la base d'une information permettant l'analyse de la nature, de la localisation et des conditions de mobilisation des ressources, des procédés et de leurs performances et empreintes. Or, il est particulièrement difficile de réunir les données

² La notion d'ancrage social est par exemple utilisée pour caractériser la manière dont les liens sociaux peuvent influencer et façonner les relations économiques.

relatives aux sources et aux usages de la biomasse dans l'état actuel des systèmes de production de données en France. Et cela est d'autant plus criant pour des échelles infra-départementale, échelle pourtant à laquelle les attentes vis-à-vis de la déclinaison de la stratégie Bioéconomie pour la France sont fortes en termes de création de valeur ajoutée et d'emplois, de perspectives d'autonomie énergétique, de transformation agro-écologique, d'économie circulaire (Hermeline et al., 2019). Le projet Boat visait à avancer sur l'enjeu de produire des systèmes d'information intégrant de multiples dimensions (données physiques, agronomiques, environnementales, socio-économiques) mises en jeu par le développement des nouveaux usages de la BOA. C'est pourquoi nous avons pensé la démarche de construction du métabolisme en deux temps :

3.4.1. Construction d'un « proto-métabolisme »

« Proto » signifie que nous construisons un métabolisme « primitif » uniquement à partir des bases de données. Afin d'assurer le caractère reproductible et transposable de la méthode à d'autres territoires, les données devaient être en libre accès et disponibles sur l'ensemble des communes de France. Les données les plus récentes ont été utilisées en fonction des disponibilités et des appariements possibles entre sources de données, sur une base temporelle annuelle. Un recensement des bases de données existantes sur les BOA a été effectué et quatorze bases de données ont été retenues pour la construction du proto-métabolisme (Grillot et al., 2021). Le proto-métabolisme apporte de la connaissance située, générant une première caractérisation des acteurs, des flux potentiels de produits et co-produits, et des empreintes. Il permet d'émettre des hypothèses sur le fonctionnement bioéconomique de la production et valorisation des BOA d'un territoire. Toutefois les bases de données disponibles sont limitées, notamment pour identifier les fonds, les flux, estimer les coproduits et ne disent rien des logiques d'acteurs. Cette première représentation peut permettre d'orienter la collecte de données complémentaires. La seconde étape vise alors, par un travail d'enquête, à consolider le métabolisme.

3.4.2. Consolidation du métabolisme par enquête de terrain

La consolidation du métabolisme s'opère par un travail d'enquête : revue de sources documentaires mais aussi enquêtes de terrain auprès d'acteurs des filières et du territoire, en vue de préciser les flux réels, leur circulation, gouvernance, les acteurs en jeu, leurs proximités, modes de coordination, les justifications de leurs pratiques et difficultés rencontrées. La consolidation peut également se faire sur la quantification, à dire d'acteurs, des flux, notamment pour le calcul des empreintes et pour ces dernières également par le recours à des méthodes et logiciels de calcul (par exemple recours à la plateforme MEANS et au logiciel Simapro pour des calculs d'ACV -analyse de cycle de vie- pour l'empreinte environnementale), dépassant le seul recours à des bases de données publiques en libre accès et calcul d'indicateurs simples.

Dans le NA, des entretiens semi-directifs ont été menés auprès de : i) 15 acteurs clés des organisations agricoles, tels que des coopératives, syndicats, opérateurs privés de collecte et de transformation, et représentants officiels des autorités agricoles ou publiques locales ; ii) 32 exploitants agricoles, qui représentent la diversité des types d'exploitations présentes sur le territoire. S'y sont ajoutés 18 entretiens auprès d'agriculteurs visant spécifiquement à effectuer des ACV sur certaines productions agricoles, et qui ont par la même occasion servi au recueil d'autres informations. L'objectif des entretiens avec les acteurs clés des organisations agricoles était de comprendre la dynamique actuelle des principales filières de valorisation des BOA (flux de BOA, fonctionnement -que ce soit techniquement, commercialement et en termes de gouvernance-, principaux problèmes, perspectives). La grille d'entretien, inspirée de celle utilisée dans la VDD, pour les exploitants agricoles (annexe 3) avait pour but de (i) décrire les exploitations, leur historique, leur fonctionnement technico-économique, leur assolement, etc. ; (ii) décrire, quantifier et expliciter les flux matériels entrants et sortants de l'exploitation et de ses ateliers, avec un focus sur la BOA, ainsi que les flux immatériels accompagnant ou non les échanges de flux matériels ; (iii) inventorier les relations de l'exploitant avec les autres acteurs du territoire, quels qu'ils soient, et de spécifier la nature et la qualité de ces relations ; et (iv) recueillir la perception de l'exploitant sur l'évolution du territoire, de ses filières, de l'exploitation dans le contexte territorial, ainsi que sur les problèmes actuels et futurs qui pourraient être perçus.

En VDD, 48 entretiens ont été menés (sur le même principe que dans le NA) dans le cadre de trois stages et 39 entretiens dans le cadre de la thèse d'Andréa Gabriel, auprès d'agriculteurs et d'autres acteurs du territoire et des filières.

3.5. Utilisation du métabolisme en situation de changement et analyse du changement

3.5.1. Analyse du changement

La construction du métabolisme des BOA d'un territoire n'est pas une fin en soi, mais un moyen pour mieux comprendre :

- les changements passés (rétrospective).

L'analyse rétrospective du métabolisme des BOA, menée dans le NA permet notamment de rendre compte des effets de la diminution de l'élevage dans le NA et de ceux du développement de l'AB, se traduisant par des concurrences accrues pour la matière organique et par son importation d'autres bassins de productions animales (Pays-Bas, Belgique).

- le fonctionnement actuel (réflexivité) ou les changements en cours en lien au développement de la bioéconomie

Dans le NA, nous nous sommes particulièrement intéressés au cas du développement de la méthanisation : émergence de collectifs de méthanisation agricole et effets sur les allocations et accès à certains flux de BOA, effets indirects sur i) les échanges de matières en filières végétales et animales, ii) d'autres filières du territoire via une recombinaison des flux destinés aux outils locaux de transformation (Marty et al., 2021)

Dans la VDD, c'est le cas de la valorisation des BR qui a été l'objet d'attention : accroissement des volumes de déchets verts, utilisation des boues de station d'épuration en agriculture, changement de réglementation sur la gestion de la matière organique en agriculture biologique et marchandisation des fumiers, projet de plateforme de compostage (Gabriel, 2021).

-et penser les futurs (prospective)

L'objectif était d'élaborer une méthodologie de prospective territoriale et de construction de scénarii, ainsi que de mettre en œuvre cette prospective territoriale.

Dans le NA, cette prospective territoriale a été conduite grâce à la construction d'une méthode visant à l'organisation de 3 ateliers complémentaires auprès de 2 groupes d'acteurs. À noter cependant que les ateliers 3 n'ont pas pu être menés pour le moment en raison des deux vagues de confinement liées à la COVID 19. Ces ateliers seront assurément réalisés lorsque le confinement sera levé (début 2021) mais l'exploitation des résultats des ateliers 3 ne figure donc pas pour l'instant dans ce rapport.

Dans la VDD, Si l'intention initiale dans le cadre du projet était de mener un exercice prospectif analogue à celui mené dans l'Aube, nous avons proposé un exercice différent. En effet, les acteurs de la VDD ont déjà mené plusieurs exercices de prospective, et plusieurs étaient en germe au moment du projet Boat, en lien avec différents projets. Nous avons donc proposé de ré-orienter le travail, à l'aide de l'important matériau collecté, plutôt sur la façon dont la VDD, et les territoires qui la composent, se sont attelés volontairement à se projeter dans l'avenir, à établir des stratégies territoriales autour de la BOA. Pour ce faire, l'objectif était d'analyser les documents produits par les acteurs de la VDD qui ont eu une influence sur l'évolution du territoire, à la fois dans les pratiques, dans la façon de présenter le territoire et dans la perception que les acteurs eux-mêmes en ont, afin d'explicitier l'évolution de la façon de voir et de considérer le métabolisme des BOA, et si les évolutions observables du métabolisme réel des BOA peuvent s'expliquer par une volonté politique, que cette volonté soit portée explicitement par les institutions locales, ou portée dans l'action par des acteurs moins institutionnels

Nous avons alors repris l'historique des projets de territoire depuis le début des années 1970 et les avons relus à partir d'une vision métabolique du territoire. Il s'est agi pour nous non pas d'établir le métabolisme quantitatif du territoire, mais de reconstruire les caractéristiques du métabolisme à partir de ce que mettent en avant les acteurs qui produisent les projets de territoire (annexe 1). Il s'agit en ce sens non pas d'un métabolisme visant à une représentation objective du fonctionnement territorial, mais du métabolisme tel que le mettent en avant les projets élaborés par les institutions territoriales. Cette représentation se fonde sur l'identification des ressources matérielles, immatérielles, monétaires ou écologiques auxquelles donnent de l'importance les porteurs des projets et contribuent à structurer une dynamique territoriale. Elle permet de mettre sur le même plan des ressources de diverses natures et non pas, comme dans une représentation métabolique classique, les seules ressources matérielles. Elle nous permet en outre : i) d'identifier les dynamiques territoriales issues d'une articulation entre les diverses ressources mobilisées ; ii) de comprendre comment cette articulation entre ressources favorise un ancrage et une autonomie à l'échelle territoriale ; iii) d'identifier les enjeux en termes d'articulation territoriale en vue de modifier l'empreinte du métabolisme ; iv) d'éclairer la façon dont le territoire entend produire de la résilience face aux vulnérabilités identifiées.

Nous considérons que ces représentations, ainsi que l'analyse qui s'en suit, peuvent être un moyen pertinent d'accompagner un territoire en phase de réflexion prospective, en lui permettant de mieux comprendre les dynamiques en cours. En complément d'analyses quantitatives, elles sont susceptibles d'alimenter un diagnostic fort utile.

3.5.2. Interactions avec les acteurs des filières et territoires

Ces trois types d'utilisation ont été mobilisés dans le projet Boat. Ils se sont appuyés sur des échanges réguliers avec des collectifs dans les deux terrains.

Dans le NA, l'entrée s'est faite par la commission élevage de la chambre d'agriculture de l'Aube. Suite à un exposé auprès de cette commission (composée d'acteurs de l'ensemble du système agricole et agroalimentaire Auboisi, et pas seulement d'éleveurs), des échanges réguliers ont eu lieu en toute transparence pour identifier les acteurs clés, les personnes à enquêter et à rencontrer pour avancer dans la démarche. Progressivement à la lueur des résultats, un choix commun a été de construire deux groupes pour les étapes de validation de l'approche rétrospective, pour déployer une approche réflexive et pour construire une démarche vers des futurs désirables. Les deux groupes sont de taille restreinte (8 personnes au plus). Le premier groupe est institutionnel : il comprend la chambre d'agriculture à travers des ingénieurs et des élus des filières animales, et des représentants des collectivités territoriales. Le second groupe est composé de représentants d'acteurs économiques agricoles du Nord de l'Aube, notamment les présidents (ou VP) des grandes coopératives concernées (Capdea, Vivescia, Cristal Union, Scara).

Dans la VDD, le comité de pilotage était constitué de représentant des communautés de communes, de la chambre d'agriculture et de l'association des acteurs de Biovallée. Des collègues chercheurs impliqués dans d'autres projets sur le territoire étaient également invités.

3.6. Difficultés de terrain rencontrées et ré-orientations

Dans le NA, il n'y a pas eu de difficultés pour rencontrer les acteurs, que ce soit dans le cadre des enquêtes menés dans les exploitations, auprès des organismes stockeurs et des industriels de la transformation, dans le cadre de la présentation de l'avancée des travaux à la Chambre d'Agriculture, ou encore de la conduite des ateliers prospectifs, jusqu'à l'arrivée de la COVID-19. Le premier des trois ateliers de réflexion prospective (atelier 1 – validation et partage du diagnostic) a pu se tenir pour les deux groupes les 5 et 9 mars 2020. Le deuxième atelier (construction d'une vision partagée) qui aurait dû se tenir en avril a été décalé par le premier confinement aux 15 et 25 juin 2020, avec un strict respect des gestes barrières (participants éloignés et masqués). Le troisième atelier (retour à l'action) aurait dû avoir lieu pour les deux groupes courant novembre 2020. Vue l'importance de cette troisième session, nous la tiendrons dès que possible (début 2021), une fois que les mesures de confinement seront levées. Cette dernière session, dont le déroulé et les objectifs sont déjà déterminés, aura lieu hors du calendrier initial du projet, mais sera intégrée ultérieurement dans la version finale du rapport.

Dans la VDD, face à la multitude d'exercices de prospectives déjà menés et au montage fréquent de projets de territoire, il n'a plus semblé pertinent d'inviter les acteurs à un nouvel exercice, qui ne viendrait que s'ajouter aux autres, comme nous l'avons vu. La proposition des acteurs était plutôt d'associer le collectif Boat à une prospective qu'ils allaient piloter eux. La réunion en ce sens ne s'est pas faite du fait du confinement au printemps de 2020 et est toujours en suspens.

4. Résultats

4.1. Proto-métabolisme

4.1.1. Résultats méthodologiques : opérationnaliser la grille d'analyse du métabolisme à partir des bases de données publiques en accès libre

La grille d'analyse du métabolisme présentée précédemment est opérationnalisée en fonction des données disponibles et traduite sous forme d'indicateurs (L'indicateur le plus utilisé ici est le quotient de localisation (QL). Il permet d'évaluer la spécialisation locale par rapport au profil moyen du pays (Gagné et Letort, 2017). Il s'agit du rapport entre le ratio d'une variable sur la zone d'étude et le ratio de cette même variable au niveau national. Sa valeur est de 1 lorsque le ratio observé localement correspond à celui observé au niveau national. Ici, seules les déviations supérieures ou égalant 0,2 points sont considérées comme significatives d'une sur- ou d'une sous-représentation locale de l'activité.

	Dimensions	Critères
Ancrege	Ancrege spatial	Proximités spatiales entre production et transformation : spécialisation des productions et des opérateurs des filières
		Proximités spatiales entre production et consommation (circuits courts et vente directe)
		Coordination entre acteurs : présence de coopératives et autres collectifs soutenant la production et valorisation des BOA du territoire
		Captation des emplois locaux par les actifs résidents
	Ancrege écologique	Présence de surfaces et d'espaces permettant le renouvellement, voire la protection des fonds écologiques (espaces protégés et surfaces toujours en herbe)
Présence de modes de production « agro-écologiques » (ex. : agriculture biologique, exploitation certifiée à Haute Valeur Environnementale)		
Présence de réseaux d'intérêt environnemental (ex : GIEE)		
Présence d'infrastructures permettant les circularités des co-produits agricoles et de la 1ère transformation (ex. méthaniseur)		
Ancrege territorial	Valorisation de ressources spécifiques au territoire (SIQO)	
Autonomie	Autonomie biophysique	Confrontation (à dire d'experts) entre la production potentielle de BOA (produits et co-produits) et les besoins potentiels pour approvisionner i) les exploitations agricoles ; ii) les opérateurs de la transformation en présence
	Autonomie décisionnelle	Dépendance des opérateurs des filières en présence à des centres de décision extérieurs
Empreinte	Empreinte environnementale	Ressources mises en jeu : prélèvements d'eau
		Impacts environnementaux : émissions polluantes (par établissement/secteurs, IREP) ; émissions de gaz à effet de serre ; classement en zones vulnérables
	Empreinte énergétique	Présence d'établissements de nature agricole produisant de l'électricité
	Empreinte socio-économique	Contribution à l'emploi et croissance de l'emploi (secteurs d'activité moteurs de la production et valorisation des BOA ; effet de spécialisation, de compétitivité, d'émergence ou hors-normes -booms/crashes-)

). L'indicateur le plus utilisé ici est le quotient de localisation (QL). Il permet d'évaluer la spécialisation locale par rapport au profil moyen du pays (Gagné et Letort, 2017). Il s'agit du rapport entre le ratio d'une variable sur la zone d'étude et le ratio de cette même variable au niveau national. Sa valeur est de 1 lorsque le ratio observé localement correspond à celui observé au niveau national. Ici, seules les déviations supérieures ou égalant 0,2 points sont considérées comme significatives d'une sur- ou d'une sous-représentation locale de l'activité.

	Dimensions	Critères
Ancrege	Ancrege spatial	Proximités spatiales entre production et transformation : spécialisation des productions et des opérateurs des filières
		Proximités spatiales entre production et consommation (circuits courts et vente directe)

		Coordination entre acteurs : présence de coopératives et autres collectifs soutenant la production et valorisation des BOA du territoire Captation des emplois locaux par les actifs résidents
	Ancrage écologique	Présence de surfaces et d'espaces permettant le renouvellement, voire la protection des fonds écologiques (espaces protégés et surfaces toujours en herbe)
		Présence de modes de production « agro-écologiques » (ex. : agriculture biologique, exploitation certifiée à Haute Valeur Environnementale)
		Présence de réseaux d'intérêt environnemental (ex : GIEE)
	Ancrage territorial	Présence d'infrastructures permettant les circularités des co-produits agricoles et de la 1ère transformation (ex. méthaniseur)
Autonomie	Autonomie biophysique	Confrontation (à dire d'experts) entre la production potentielle de BOA (produits et co-produits) et les besoins potentiels pour approvisionner i) les exploitations agricoles ; ii) les opérateurs de la transformation en présence
	Autonomie décisionnelle	Dépendance des opérateurs des filières en présence à des centres de décision extérieurs
Empreinte	Empreinte environnementale	Ressources mises en jeu : prélèvements d'eau
		Impacts environnementaux : émissions polluantes (par établissement/secteurs, IREP) ; émissions de gaz à effet de serre ; classement en zones vulnérables
	Empreinte énergétique	Présence d'établissements de nature agricole produisant de l'électricité
	Empreinte socio-économique	Contribution à l'emploi et croissance de l'emploi (secteurs d'activité moteurs de la production et valorisation des BOA ; effet de spécialisation, de compétitivité, d'émergence ou hors-normes -booms/crashes-)

Tableau 1: Grille de lecture du métabolisme des filières de production et valorisation des BOA

4.1.1.1. Ancrage

L'ancrage spatial questionne les proximités spatiales entre opérateurs de la production et de la transformation, via la représentation locale : i) des productions : orientation des exploitations agricoles dans le recensement agricole (RA) et surfaces dédiées (registre parcellaire graphique, RPG) ; ii) des opérateurs des filières de la 1^{ère} transformation (données Sirene). L'ancrage spatial interroge aussi les proximités spatiales entre production et consommation via la présence de circuits courts et de la vente directe (données RA).

Enfin, l'ancrage spatial questionne en quoi les proximités spatiales entre acteurs et la référence à un espace commun peut favoriser la coordination entre les acteurs (Barbot et al., 2020) et les dynamiques locales d'emploi. Ainsi nous informons l'ancrage spatial par la structuration de collectifs en coopérative, sociétés d'intérêt collectif agricole, groupement foncier ou pastoraux. En effet, la valeur de proximité joue par exemple un rôle pour les coopératives agricoles, dans lesquelles le capital n'est pas délocalisable, en raison de ses statuts juridiques, même si la création de filiales (sous statut de sociétés anonymes par exemple) permet aux coopératives de se déployer hors de leur territoire d'origine. Son rayon d'action porte également sur un territoire délimité géographiquement. La référence à cet espace peut favoriser la coordination entre les acteurs (Barbot et al., 2020), et laisser présager de dynamiques collectives autour de cet espace et d'intérêts communs. Nous utilisons également la correspondance entre bassin de vie et d'emploi, via l'analyse des déplacements domicile-travail (Recensement Général de la Population, RGP), se traduisant par un taux de rétention (part des emplois locaux occupés par des actifs résidents), un taux d'évasion (part des emplois locaux occupés par des non-résidents) et un taux de capture (part des emplois non-locaux occupés par des actifs résidents en proportion du nombre d'emplois locaux) des revenus.

L'ancrage écologique questionne les relations des systèmes de production et valorisation de la BOA à l'environnement biophysique, notamment aux fonds écologiques. Concernant le renouvellement et la protection des fonds écologiques, il est renseigné par la présence de surfaces toujours en herbe (STH) et d'espaces protégés (parcs naturels ou zones Natura 2000, données INPN). Au niveau biophysique, il est complété par un regard sur les modes de production et la présence de modes de production « agro-écologiques » (par ex. avec la présence d'une agriculture biologique -AB- ou exploitations certifiées à Haute Valeur Environnementale -HVE-). Au niveau organisationnel : i) les réseaux favorisant une production plus « environnementale » des BOA informent sur l'implication des acteurs quant à la valorisation des fonds écologiques, par exemple les groupements d'intérêt économique et environnemental (GIEE) ; ii) les infrastructures permettant un bouclage des flux de BOA (méthaniseurs, plateformes de compostage, données Sinoe®) informent sur les potentielles synergies métaboliques.

L'ancrage territorial questionne les relations aux spécificités du lieu, renseignées par la présence de ressources spécifiées et propres au territoire (signes officiels de qualité et d'origine).

4.1.1.2. Autonomie

En quoi le territoire est-il dépendant, pour sa production et valorisation des BOA, de ressources et d'opérateurs extérieurs au territoire ? Pour renseigner **l'autonomie biophysique** potentielle du territoire, nous interrogeons la capacité du territoire à approvisionner i) la production des BOA (en terme de fertilisation des terres, d'alimentation et de litière pour les animaux,

etc) ; ii) les opérateurs de la transformation en présence (en matières premières). Ces calculs n'ont pas été automatisés, mais la confrontation entre la production agricole potentielle (produits et co-produits) et les besoins potentiels (en fonction du nombre d'opérateurs concernés et des tailles des structures) (données RPG, SAA, Sirene) peut se faire à dire d'experts (conseillers de Chambre d'Agriculture, opérateur de filière...). Quant à *l'autonomie décisionnelle*, elle est informée par la localisation des centres de décision (ici donnée sur le siège social, à partir de la base Sirene) des opérateurs situés dans le territoire. L'hypothèse est qu'un opérateur ayant son centre de décision localement a davantage la main sur la gouvernance des flux, plus de marge de manœuvre pour enclencher une transition bioéconomique et mettre en place des synergies locales, que s'il dépend de centres de décision distants.

4.1.1.3. Empreinte

A partir des bases de données disponibles, nous informons *l'empreinte environnementale* via les ressources mises en jeu, notamment les prélèvements d'eau (par établissement et par secteurs, IREP) ; les impacts : émissions polluantes (par établissement/secteurs, IREP³) ; via le classement des espaces en zones vulnérables, témoignant d'un historique de pollutions provoquées ou induites par les nitrates à partir de sources agricoles.

L'empreinte énergétique sous le seul prisme des établissements de nature agricole enregistrés comme produisant de l'énergie (données Sirene). Plus de données sur les empreintes environnementales et énergétiques sont accessibles en couplant les données en accès libres avec d'autres logiciels de calcul de type ACV ou d'efficacité énergétique (cf 4.2.2).

Quant à *l'empreinte socio-économique*, elle identifie les secteurs d'activité moteurs de la production et la valorisation de la BOA territoriale, leur contribution à l'emploi et analyse la croissance de l'emploi (données CLAP et eStel 2008-2015) en termes d'effet de spécialisation, de compétitivité, d'émergence ou hors-normes (booms/crashes), ce qui est développé plus amplement dans le 4.2.2.

4.1.2. Résultats situés : le proto-métabolisme de la Vallée de la Drôme et du Nord de l'Aube

Le proto-métabolisme de la VDD et du NA est détaillé dans un article publié par la revue *Economie Rurale* (Grillot et al., 2021). Un exemple de visualisation de ce proto-métabolisme est présenté figure 3, donnant à voir les productions potentielles de BOA et opérateurs de la transformation en présence. Les analyses des formes d'ancrage, d'autonomie, et d'empreinte permettent de formuler des hypothèses sur le fonctionnement métabolique du territoire associé à la gestion et la valorisation des BOA, et d'identifier des premiers potentiels de changement.

En effet, et en synthèse, il ressort que dans la VDD, le proto-métabolisme repose sur une diversité importante de biomasses d'origine végétale et animale (présence de grandes cultures et cultures spécialisées, de viticulture, arboriculture, maraîchage, de plantes à parfum aromatiques et médicinales -PPAM-, de bovins, caprins, ovins, volailles, porcins et équins). Elles sont utilisées dans des filières ancrées spatialement (exploitation et opérateurs de la transformation ; circuits courts et vente directe) et pour certaines ancrées territorialement (signes de qualité), avec un usage majoritairement alimentaire, si ce n'est pour les PPAM, et peut-être pour la laine de mouton avec la présence de filatures. Nous pouvons nous interroger sur les destinations des grandes cultures du fait de la présence d'usines d'aliments pour animaux de ferme et en même temps de la présence de l'AB où l'usage pour l'alimentation humaine est mieux valorisé. L'ancrage écologique semble reposer sur un développement important de l'AB, et le maintien de surfaces en herbe, s'inscrivant de plus dans un ensemble d'espaces naturels protégés. Pour autant malgré la co-existence de cultures et d'élevages, l'autonomie en terme de matière organique ne semble pas assurée et le développement de l'AB risque d'aggraver la situation. Nous pouvons nous demander si c'est en cause dans le classement d'une partie du territoire en zone vulnérable. Le dynamisme (en terme de croissance de l'emploi) au niveau aussi bien de la production et de la transformation des filières volailles et PPAM, mais également fruits pour la partie uniquement transformation, questionne l'approvisionnement des opérateurs (en poussins pour les élevages de volailles et en volailles, PPAM et fruits pour la transformation) et les empreintes énergétiques et environnementales du développement de ces filières. En effet l'approvisionnement se fait-il dans un rayon proche de celui de la VDD ou plus éloigné ? Et nous pouvons également nous demander ce que deviennent les co-produits de la production et de la transformation ? Nous pouvons enfin nous demander si la présence de dynamiques collectives autour des signes de qualité, circuits courts, liées à des coopératives, mais aussi le fait que les centres de décision restent relativement localisés dans le territoire (à 91 %), et que la majeure partie⁴ des opportunités d'emploi profite aux actifs résidents, peuvent être des atouts pour poursuivre la transition bioéconomique ? Et quelles seraient alors les priorités entre le développement de l'AB avec le risque d'aggravation du déficit de matière organique, l'autonomie alimentaire des hommes vs des élevages, la réduction des dépendances à des opérateurs et ressources extérieures pour l'approvisionnement des opérateurs du territoire ou la transformation des BOA, notamment pour les secteurs en forte croissance de l'emploi ? Quels arbitrages entre croissance de l'emploi et empreinte énergétique et environnementales ?

³ La Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, et de l'Énergie recense les principaux rejets et transferts de polluants dans l'eau, l'air, les déchets déclarés par certains établissements, à savoir : les principales installations industrielles ; les stations d'épuration urbaines de plus de 100 000 équivalents habitants ; certains élevages. Ces données sont donc partielles.

⁴ En 2015, 78% des opportunités d'emploi en général, et 90 % des opportunités d'emploi liées aux activités de production des BOA en particulier, profitent à des actifs résidents dans la VDD.

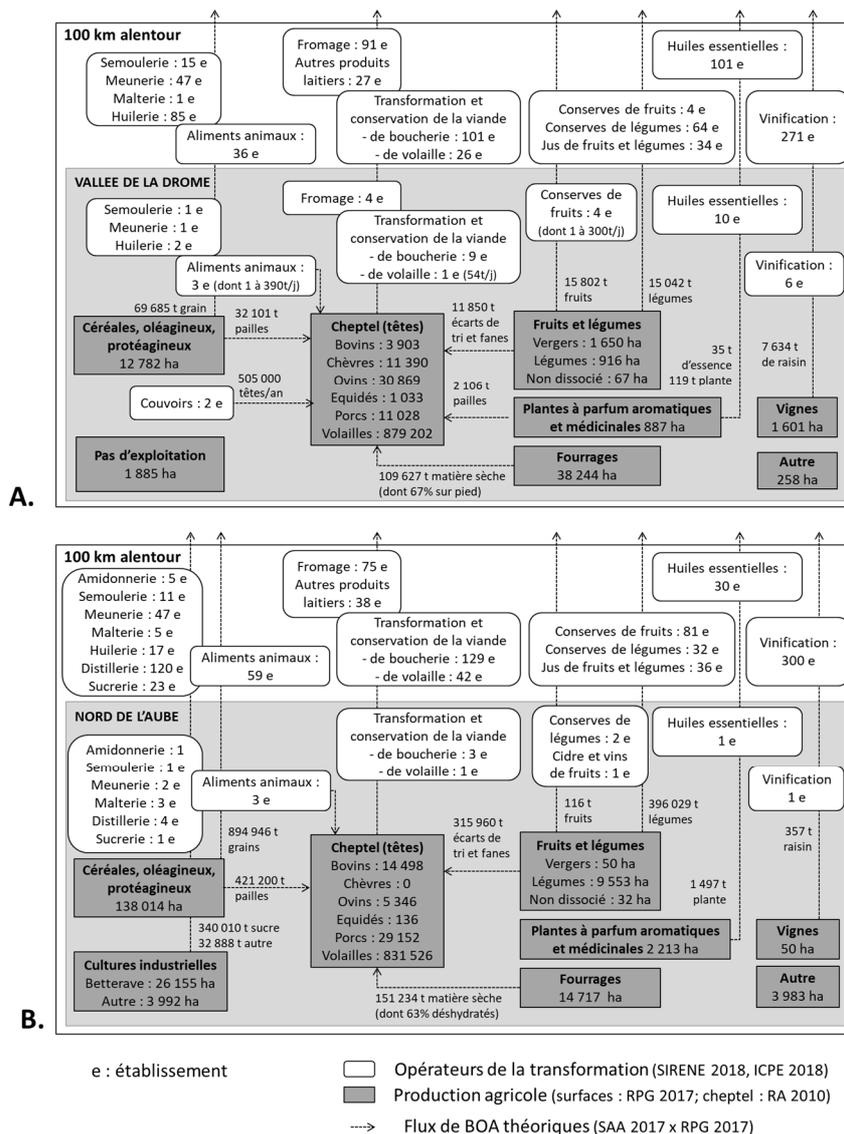


Figure 3: Proto-métabolisme des deux terrains d'étude : A. la vallée de la Drôme et B. le Nord de l'Aube

Quant au NA, le proto-métabolisme est plus spécialisé autour des grandes cultures et cultures industrielles, peu ancrées territorialement et écologiquement. Leur ancrage spatial est cependant assuré par la présence de coopératives et d'opérateurs privés : de collecte, transformation et mise en marché. Les usages non alimentaires des BOA se développent avec la présence de méthaniseurs et de plateformes de stockage et compostage de déchets ménagers et assimilés. On note également un développement de la production d'électricité en lien avec des établissements agricoles, repose-t-elle sur l'usage de BOA ? L'un des secteurs en forte croissance d'emploi est celui du soutien aux cultures, ce qui questionne sur les empreintes énergétique et environnementale liées au fonctionnement des machines et l'usage d'intrants chimiques. La fabrication de malt est l'autre secteur dynamique avec croissance de l'emploi, mais qui questionne quant aux empreintes énergétiques et environnementales de son approvisionnement. À part ces deux secteurs (fabrication de malt et soutien aux cultures), les autres peinent à maintenir de l'emploi. La faible présence de l'élevage questionne grandement le renouvellement de la fertilité des sols, et les pressions environnementales sont fortes avec l'ensemble du territoire classé en zone vulnérable. Le compostage et la méthanisation permettent-ils de ré-introduire de la matière organique ou plus exactement de diminuer les échanges co-produits agricoles exportés et importés, en conservant les matières organiques produites et en les recyclant dans ce territoire pour le renouvellement des fonds écologiques ? Un développement de la bioéconomie par une diversification et écologisation des formes de valorisation des BOA (produits et co-produits), pourrait-elle permettre d'ancrer davantage le métabolisme du NA, de renforcer l'autonomie, de limiter les empreintes environnementales et énergétique, l'accentuation des déséquilibres déjà observés, tout en favorisant l'emploi ? Les coopératives très présentes dans ce territoire, malgré une délocalisation à l'œuvre des centres de décision peuvent-elles être un bon support pour enclencher cette transition bioéconomique ?

4.1.3. Productions

4.1.3.1. SI-BOAT

La production principale associée à ce volet du projet est l'outil SI-BOAT (Système d'Information –Biomasse d'Origine Agricole à l'échelle des Territoires). Il s'agit d'un système d'information, avec une interface en ligne : <https://sidtd.inrae.fr/boat/>

permettant d'avoir accès aux bases de données et indicateurs tel que présentés précédemment. Ce SI permet d'éviter ainsi à l'utilisateur le lourd travail de rassemblement des bases de données, appariement, calculs. Via une interface web, l'utilisateur (chercheur, étudiant, acteur de territoire...) peut sélectionner sa zone d'étude personnalisée et ses indicateurs. Les utilisations de l'outil SI-BOAT sur de nouveaux territoires ou de nouvelles questions pourront également permettre, avec les retours des utilisateurs, de le consolider et de l'enrichir.

Un support de présentation de l'outil, mis en forme par un graphiste et dessinateur humoristique (Cled'12), destinés aux futurs utilisateurs de l'outil et à des enseignants pour expliciter le contexte de l'outil, son positionnement, fonctionnement et ses possibles usages.

4.1.3.2. Valorisations

Article

Grillot M., Ruault J-F., Torre A., Bray F., Madelrieux S., 2021. Le proto-métabolisme : approche du fonctionnement bioéconomique d'un territoire agricole. A paraître dans Economie Rurale.

Communications scientifiques

Grillot M., Madelrieux S., 2020. L'accessibilité aux données : un atout pour un pré-diagnostic du métabolisme des BOA. GIS Avenir Elevage – Action Thématique Transversale des Instituts Techniques Agricoles, 6 Novembre 2020.

Grillot M., Ruault J-F., Bray F., Torre A., Madelrieux S., 2019. Caractériser la biomasse d'origine agricole à l'échelle locale : Usages, gestion, valorisation et liens entre acteurs, dans : La Bioéconomie : organisation, innovation, soutenabilité et territoire, les 4 et 5 Juin. Société Française d'Economie Rurale, Reims, FRA. <https://www.sfer.asso.fr/event/view/38>

Grillot M., Bray F., Torre A., 2019. Outil permettant de caractériser la gestion et valorisation de la biomasse d'origine agricole dans les territoires. Journées de recherches en sciences sociales <https://www.sfer.asso.fr/event/view/39>

Lescoat P., Madelrieux S., Grillot M., Gabriel A., 2019. Bioéconomie, une opportunité pour les territoires qui font appel à des approches intégrées : quelles représentations des biomasses et de leur gestion ? Ecole Chercheur Syst'MO Approche intégrée des services agronomiques et environnementaux rendus par les filières de recyclage des matières organiques. Rennes 21-22 Novembre 2019.

Madelrieux S., Lescoat P., Grillot M., 2020. Projet BOAT : quelles formes de gestion et valorisation des différentes biomasses d'origine agricole à l'échelle des territoires : entre cloisonnement, concurrence ou intégration ? Séminaire de lancement du RMT SPICEE Structurer et Produire de l'Innovation dans des systèmes ayant des cultures et de l'élevage. 1-2 Octobre 2020.

4.1.3.3. Utilisations de l'outil SI-BOAT (hors projet Boat)

L'outil SI-BOAT a été utilisé par :

-l'**enseignement** supérieur agronomique pour former les étudiants à l'usage des bases de données (ex : caractérisation du territoire du projet « Terre de Sources »⁵, qui réunit trois bassins de captage d'eau majoritairement autour de Rennes, par des étudiants d'AgroCampusOuest encadrés par Olivier Godinot) ou au diagnostic de territoire (ex. : diagnostic du territoire d'Alembon-vallée Madame, en lien avec le PNR des Caps et Marais d'Opale, projet de 15 étudiants d'AgroParisTech guidé par Solène Pissonnier, Philippe Lescoat et Agnès Lelièvre) ou dans le cadre de stage (stage AgroParisTech sur la zone de l'AOP Chaource encadré par Solène Pissonnier)

-la **recherche-développement** : avec des objectifs d'exploration à l'échelle territoriale (diagnostic de territoire) ou des utilisations ciblées sur une filière

*par les Instituts techniques agricoles, notamment dans le cadre de l'ATT (action thématique transversale) inter-Instituts « Economie Circulaire ». L'ACTA s'est intéressée à la zone du Pithiverais-Gatinais, zone spécialisée en Grandes Cultures, avec une problématique de ré-introduction de l'élevage, et a utilisé SI-BOAT pour un premier diagnostic.

*par l'ADEME en région dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie régionale pour la bioéconomie en Bourgogne Franche-Comté, pour le développement de la filière paille-construction. L'outil SI-BOAT a été utilisé en préparation afin de réaliser un premier diagnostic territorial, d'identifier la ressource disponible, et les filières de valorisation de la paille.

Nous avons également été contactés :

-dans le cadre du projet le Réseau de **Sites Démonstrateurs** IAR, soutenu notamment par la région des Hauts-de-France, qui a pour objectif de promouvoir la production et la mobilisation des agro ressources et d'accompagner la mise en place des filières de la bioéconomie sur les territoires (suite au colloque de la SFER sur la Bioéconomie),

-par l'**IFIP** dans le cadre du projet GESTE (lauréat de l'AAP GRAINE), qui recensait les bases de données qui pourraient être utiles pour construire un simulateur de gestion collective d'effluents d'élevage à l'échelle territoriale.

-par la **Chambre Régionale d'Agriculture d'Occitanie** (Pôle économie et prospective), suite au séminaire du RMT Spicée, qui est de plus en plus sollicitée par la Région Occitanie pour analyser les flux entre production, distribution et consommation des denrées alimentaires sur le territoire.

⁵<https://www.eaudubassinrennais-collectivite.fr/blog/terres-de-sources-laureat-de-lappel-a-projets-national-territoires-dinnovation-206-millions-deuros-a-la-cle/>

Des stages à venir dans des laboratoires de recherche devraient également s'appuyer sur SI-BOAT (ex. : « Caractériser les systèmes agri-alimentaires lorrains à partir de bases de données » à l'UR ASTER ; « Modélisation spatialisée des flux de matières agricoles : intérêts et défis pour le métabolisme territorial et l'économie circulaire » à l'UMR TETIS).

4.2. Consolidation du métabolisme

4.2.1. Les liens métaboliques entre acteurs

4.2.1.1. Résultats méthodologiques

Dans la consolidation du métabolisme par enquête de terrain, afin de préciser la circulation réelle des flux et comprendre les choix des acteurs concernant ces échanges de flux, leurs justifications, nous avons traduit le modèle fond-flux et la grille d'analyse ancrage/autonomie/empreinte de façon plus qualitative que pour le proto-métabolisme, et afin de comprendre les liens métaboliques entre acteurs. La traduction du modèle fond-flux a amené à s'intéresser à :

- la représentation des flux et des fonds : économiques/écologiques
- l'analyse des relations entre fonds économiques et écologiques et entre fonds économiques, notamment à l'identification des flux/fonds i) critiques par rapport au renouvellement des fonds écologiques/économiques ; ii) « centraux » dans le réseau métabolique (à la confluence de plusieurs flux, leur disparition entraînant un changement massif dans le métabolisme, sans préjuger de leur durabilité).
- à la stabilité des échanges et aux reconfigurations engendrées lors de variations/disparition de fonds ou de flux
- aux justifications des choix de BOA, d'échanges de BOA, des opérateurs avec qui interagir, en d'autres termes du réseau métabolique.

Différentes déclinaisons ont été mises en œuvre selon les questionnements des terrains.

Dans le NA, pour comprendre les choix présidant aux échanges de flux, l'analyse des relations entre acteurs a été effectuée par la mise en œuvre d'une grille d'analyse qualitative des liens métaboliques, articulée autour de trois points :

1. la qualification de la nature de la relation entre deux acteurs ;
2. l'analyse des proximités (Rallet et Torre, 2004 ; Torre, 2010) afin de comprendre les logiques qui sous-tendent les relations entre les acteurs ;
3. la qualification de la motivation et de la satisfaction des acteurs vis-à-vis de ces relations.

Il s'agit ici de compléter l'analyse quantitative du métabolisme par son pendant organisationnel, c'est-à-dire les liens métaboliques, incarnés dans le système métabolique par les interactions et coordinations entre acteurs gouvernant la circulation des flux de BOA. Plus précisément, nous cherchons à comprendre les logiques qui sous-tendent l'organisation de la gestion de la BOA sur le territoire et les échanges ou absences d'échanges de BOA. C'est-à-dire déterminer quels types de coordinations d'acteurs soutiennent les échanges de BOA vertueux pour la durabilité, la circularité ou la stabilité du système métabolique par exemple ; et au contraire quels types de coordinations d'acteurs apparaissent délétères pour le système en affectant la durabilité ou l'accès à certains fonds, ou dont le maintien s'avère précaire. Pour ce faire, il s'agit de qualifier le capital social des acteurs et leur encastrement dans des réseaux (déterminant leur capacité à entrer ou non en interaction et / ou coordination avec d'autres acteurs) ; la nature des interactions entre acteurs, d'identifier les modalités de leurs coordinations et les raisons pour lesquelles elles ont été mise en œuvre ; ainsi que la satisfaction des acteurs vis-à-vis de celles-ci. En utilisant ces trois niveaux de qualification des relations métaboliques entretenues par les acteurs, nous avons accès aux logiques qui sous-tendent les liens métaboliques (ou leur absence). Les relations encadrées dans un « capital social » important (s'appuyant sur plusieurs types de proximités), qui prennent la forme d'interactions et / ou de coordinations perçues comme satisfaisantes, apparaissent alors garantes de la stabilité du réseau métabolique (ancrage). *A contrario*, des relations qui placent les acteurs dans des situations de dépendance subies, peu encadrées dans des proximités, donnant lieu à des coordinations non satisfaisantes, apparaissent vulnérables et susceptibles d'être abandonnées. Dans une perspective dynamique, il est également d'intérêt d'analyser la manière dont ces coordinations ont évolué dans le temps, le niveau de satisfaction des acteurs quant à ces coordinations, leurs perspectives d'évolution, et les potentiels pour le futur qui pourraient apparaître avec la mise en œuvre de nouvelles coordinations.

L'opérationnalisation dans le NA de la grille de lecture du métabolisme du projet Boats est présentée dans le tableau 2, et la grille de lecture plus détaillée utilisée dans le NA, ainsi que le guide d'entretien avec les acteurs sont présentées dans les annexes 2 et 3.

		Ancrage	Autonomie	Potentiel de changement
Proximité	géographique	stabilité des interactions (distance géographique entre acteurs subie : pouvant amener à de situations de conflit, ou choisie et aider ainsi à	phénomènes de dépendance entre acteurs, d'autant plus importante si les deux types de proximité sont présentes	base (de capital social) pouvant donner lieu à de nouvelles interactions et / ou coordinations

		l'implantation d'activités nouvelles)		
	Organisée	stabilité des interactions : logique d'appartenance/de similitude		
Nature des relations (unilatéral/bilatéral ; vertical/horizontal ; individuel/collectif)	interactions (échanges immatériels)	stabilité/instabilité des interactions	les types d'interactions entretenues qualifient la nature de la relation entre acteurs : interactions mettant un acteur dans une situation de dépendance ou d'autonomie par rapport à l'autre	Interactions pouvant devenir des coordinations
	coordinations (transfert de matière ou de service : marchand/non marchand ; formel/informel)	stabilité/instabilité des coordinations à l'œuvre	montrer ce qui encadre les coordination et positionne les acteurs, en situation de dépendance, d'autonomie	montrer ce qui encadre les coordination et positionne les acteurs, en situation d'élargissement ou au contraire de restriction de leur capacité d'action
Motivation/satisfaction		Analyse de la motivation et la satisfaction de l'acteur vis-à-vis de la relation, permet d'évaluer si la relation remplit les objectifs de l'acteur, et donc sa stabilité/fiabilité ou vulnérabilité	positions de dépendance	Souhait des acteurs à faire évoluer la relation

Tableau 2: Opérationnalisation de la grille de lecture ancrage/autonomie/potentiel de changement dans le NA

Dans la VDD, l'analyse qualitative s'est opérée filière par filière pour cerner les évolutions des formes d'ancrage, de dépendances, d'empreintes, et mieux comprendre les interrelations entre filières et les potentiels d'évolution pour la valorisation des BOA.

Une analyse plus spécifique de la gestion des BR utilisées en agriculture, d'origine agricole, industrielle ou urbaine (thèse d'Andréa Gabriel) a donné lieu à une analyse fine du métabolisme des BR avec la caractérisation : i) des flux de BR et des principaux acteurs économiques et filières de production ; ii) des situations problématiques, notamment des déséquilibres entre production et besoins ; iii) des interdépendances entre acteurs économiques. Cela a donné lieu à une typologie d'acteurs selon leurs liens métaboliques, notamment d'exploitations agricoles selon leur production, utilisation et échanges de BR.

4.2.1.2. Résultats situés : le métabolisme de la Vallée de la Drôme et du Nord de l'Aube

4.2.1.2.1. Le métabolisme des filières de valorisation de la BOA dans le Nord de l'Aube

Les dynamiques du métabolisme de l'agriculture dans le nord de l'Aube sont marquées par la présence uniquement résiduelle de l'élevage, dont la disparition s'est accentuée à partir des années 1970, au fur et à mesure que les grandes cultures et cultures industrielles ont progressé. Les outils de transformation des filières animales sont inexistantes dans le territoire, et les éleveurs font appel à des acteurs hors territoire pour la mise en marché de leurs produits. Des outils de fabrication d'aliments pour animaux sont présents, tous associés aux filières végétales. Cependant les volumes échangés localement pour l'alimentation animale sont faibles en comparaison des volumes produits, ils se font essentiellement dans le cadre d'une coopérative à envergure régionale, et l'essentiel des aliments pour animaux est exporté du territoire.

Les filières végétales sont donc majoritaires sur le territoire, tant en hectares qu'en nombre d'exploitations spécialisées en cultures végétales. Blé, orge, colza, maïs, betterave et pomme de terre représente l'essentiel des surfaces. Ces différentes filières végétales sont bien structurées autour d'outils de collecte et de transformation, appartenant soit à des coopératives (1 d'envergure régionale, 2 d'envergure internationale) soit à des opérateurs privés. Ces outils sont ancrés spatialement dans le territoire, mais divergent quant à leur autonomie décisionnelle. En effet, les deux coopératives d'envergure internationale ont vu leur centre de décision s'éloigner territoire et leur mode de gouvernance changer (avec notamment la mise en place de directoires) pour se rapprocher de celui d'opérateurs internationaux. Les filières courtes sont peu présentes, et l'essentiel des filières végétales est, par ces opérateurs, en lien directs avec les marchés mondiaux des céréales et du sucre. L'ensemble de ces

filères est marqué par une dépendance importante à l'importation de fertilisants azotés ou de matières fertilisantes depuis les départements voisins voire l'étranger (Pays-Bas et Belgique).

Les dynamiques en cours montrent des changements dans les assolements et les pratiques, dus à plusieurs facteurs. Premièrement, les évolutions des prix céréaliers sur les marchés mondiaux et notamment leur volatilité – et les pertes induites en cas d'années de mauvais rendements – ont poussé des exploitants à renforcer dans leurs assolements la présence de cultures végétales telles que l'orge brassicole au détriment du blé. Deuxièmement, la fin des quotas betteraviers et la baisse importante des prix qui a suivi a tendance à faire stagner la culture de la betterave, au profit notamment de la pomme de terre. Troisièmement, le nord de l'Aube fait face aux conséquences du changement climatique avec des variabilités plus importantes qu'auparavant dans les rendements, et surtout des impasses agronomiques en cours d'apparition, qui grèvent déjà certaines productions (le colza, qui aujourd'hui diminue dans les assolements faute d'efficacité des produits phytosanitaires sur les ravageurs) et pourrait en toucher d'autres (par exemple le blé, dont les rendements actuels n'assurent plus une rentabilité forte de la culture ; ou la betterave). Quatrièmement, des changements dans les assolements sont directement liés à la montée en puissance de la méthanisation agricole sur le territoire, avec principalement l'allongement du temps en champ des cultures secondaires (notamment les cultures à vocation énergétiques) au détriment des cultures principales. Ce contexte et le développement de la méthanisation donnent lieu à l'apparition de concurrences fortes pour l'accès à certaines biomasses (notamment les matières fertilisantes) (cf. partie 4.3.) de ce rapport. Enfin les filières végétales du nord de l'Aube fonctionnent en silos, et très peu de synergies et d'échanges circulaires de biomasse entre culture et élevage sont observés. Quelques échanges paille-fumier ont lieu, concernent de faibles volumes, sur la base de relations familiales ou de voisinage – l'essentiel de la paille part en retour au sol.

4.2.1.2.2. *Le métabolisme des filières de valorisation des BOA dans la Vallée de la Drôme*

Il ressort de l'analyse du métabolisme des filières de valorisation des BOA de la VDD (détaillé dans l'annexe 4), des dynamiques divergentes :

-entre le développement de l'AB et la mise en place de démarches durables par des opérateurs de la transformation au niveau des sites de production, et leur inscription dans des réseaux métaboliques de plus en plus vastes pour l'approvisionnement et la distribution des productions.

-entre les visions institutionnelles promouvant agro-écologie, relocalisation, économie circulaire et le développement de filières longues, ainsi que le peu de liens entre filières.

Dynamiques métaboliques divergentes entre développement du bio et des circuits courts, démarches durables d'opérateurs de la transformation et inscription des filières dans des réseaux métaboliques de plus en plus vastes

Le développement de l'AB⁶ et des circuits courts (vente directe, magasins de producteurs, marchés, ateliers collectifs de transformation...), les dynamiques de certains opérateurs de la transformation s'engageant dans des démarches « durable »⁷, vont dans le sens d'une réduction des flux de matières, notamment des intrants de synthèse pour l'AB, et contribuent à réduire les empreintes environnementales et énergétiques au niveau des sites de production. Cette dynamique est contrecarrée par les dynamiques des opérateurs et plus largement des filières qui échappent de plus en plus au territoire, avec le basculement de modèles pilotés par l'amont à des modèles pilotés par l'aval, du fait de fusions d'opérateurs (notamment avec des groupes extérieurs à la VDD) ou de l'arrivée de grands groupes dans la VDD. Cela se traduit par un éloignement des centres de décision, et une déconnexion de la production locale, qui semblait être un facteur d'ancrage important au départ, comme dans le cas emblématique des PPAM (Duffaud-Prevost, 2015). Ce qui se traduit également par des métabolismes qui ont tendance à s'accroître (augmentation des volumes traités, des flux de BOA et des distances parcourues pour la majeure partie des BOA) et par des modes de production qui se « ré-intensifient ». On citera juste ici ce cas de la filière PPAM (pour le reste voir annexe 4), qui est à l'origine de la dynamique bio du territoire. Elle s'est structurée autour de producteurs qui cherchaient à diversifier leur activité et avec des opérateurs locaux de la transformation. De ce modèle de départ piloté par l'amont, du fait de la forte croissance des entreprises et de la demande, on bascule à un modèle piloté par l'aval avec l'arrivée de grands groupes comme L'Oréal dans la VDD. S'opèrent alors des absorptions, des rachats de parts, des achats et démantèlements, avec un éloignement des centres de décision (Duffaud-Prevost, 2015). Ce qui transforme également les modes de production avec un développement d'une culture spécialisée et irriguée dans la VDD, quand elle était préalablement de diversification dans les coteaux, avec la problématique également de la gestion quantitative de la ressource en eau et des restrictions de plus en plus nombreuses du fait de la multiplication des sécheresses. Pour autant, la production locale n'arrive pas à soutenir la demande de ces industries, des PPAM sont importées, notamment des pays de l'est.

Décalage entre visions systémiques institutionnelles et ...

⁶ On est passé de 284 producteurs, 38 transformateurs et 13 distributeurs dans la VDD en 2010 à respectivement 415, 63, 18 en 2017 (source : Agence bio).

⁷ On peut citer par exemple : i) la cave coopérative Jaillance : accompagnement des coopérateurs dans la réduction des pesticides, des consommations d'eau, de la production de gaz à effets de serre et des consommations d'énergies fossiles ; développement avec 23 viticulteurs d'un projet photovoltaïque, pour couvrir tous ses besoins énergétiques (Bui, 2015) ; ou une des entreprises de PPAM particulièrement engagée dans une démarche durable : bâtiment écologique -issu de bois local, non traité et isolation réalisée via des caissons remplis de paille cultivée au Sud de la Drôme-, à énergie positive grâce à des panneaux photovoltaïques, orientation des bâtiments pour bénéficier d'une chaleur naturelle, eau chauffée grâce à des panneaux solaires, récupération des eaux de pluie, pompe à chaleur géothermique ..., l'entreprise va plus loin encore, en proposant aussi une prime de 100 EUR/mois aux employés qui viennent à vélo au travail), allant jusqu'à présenter ses résultats sur les pratiques éthiques avant les résultats économiques (Duffaud-Prevost, 2015).

Dans l'histoire de la VDD, le développement de l'AB et la gestion de la rivière Drôme sont à l'origine du déploiement d'une vision institutionnelle d'un « éco-territoire » et d'une transition territoriale vers des comportements plus sobres et respectueux de l'environnement (Madelrieux et al., 2018, annexes 1 et 4). Les acteurs institutionnels se font les porteurs d'une vision systémique s'appuyant sur : i) le développement et la relocalisation des filières économiques (énergie renouvelable, bois, écoconstruction, agroécologie, recyclage, économie circulaire, circuits courts) ; ii) l'aménagement du territoire (mobilité, nouveaux modes d'habitat), iii) l'accueil d'activités de recherche et formation (ex. : lieux d'expérimentations et de formation en agroécologie) (Madelrieux et al., 2018).

...filières longues

Or cette vision institutionnelle se heurte au développement des filières, notamment longues, échappant aux acteurs de la VDD. Par exemple la filière arboricole est présente dans la VDD, *via* des coopératives (Lorifruit pour le conventionnel et Agrobiodrôm pour le bio). Toutefois ces coopératives débordent largement la VDD et s'inscrivent dans des circuits longs, allant à l'encontre des visions institutionnelles. De plus, un important industriel (Charles et Alice, pour la transformation des fruits) est implanté sur le territoire, pourvoyant des emplois nombreux (190 salariés ce qui représente la 2^{ème} entreprise en nombre d'emplois sur le territoire), mais s'approvisionnant très peu localement, les producteurs estimant que cet industriel « ne paie pas bien ». Agrobiodrôm (fruits et légumes bio) se développe et cherche des producteurs bio, avec la difficulté à en trouver localement (1t locale / 4t extérieures), et avec le projet de faire un atelier de transformation dans la VDD. Il s'agit d'une stratégie pour gagner des marchés en frais avec toute une gamme de produits (fruits pelés, coupés...), qui ne semble pas se faire avec les acteurs du territoire, notamment les collectivités, ni pour alimenter des circuits courts locaux, ou contribuer à développer l'arboriculture bio dans la VDD.

...absence de liens entre filières

Nous pouvons également souligner le décalage entre une vision institutionnelle portant une vision systémique et agro-écologique d'une « biovallée » (Madelrieux et al., 2018) et le fonctionnement en « silo » des filières (annexe 4). On note en effet très peu de liens entre filières. On peut citer le modèle « d'économie circulaire » mis en place par la coopérative Valsoleil (coopérative d'approvisionnement et de production de volaille et de fruits) avec des transformateurs et distributeurs, et la coopérative céréalière (coopérative Drômoise de Céréales -CDC-) visant à mieux valoriser les céréales, à dégager davantage de valeur ajoutée pour ses producteurs, en développant une filière volaille œuf (Valsoleil a un centre de conditionnement et est lié aux distributeurs SA Appro pour 70 %, au Groupe Glon pour 15 % et Sud Est Œuf pour 15 %), et de chair en intégration (Valsoleil a un couvoir et est lié à l'abattoir Bernard Royal Dauphiné, groupe Terrena). Le lien inter-filières se fait principalement par le biais de l'usine d'aliments (UCAB). Un tiers des céréales de la CDC partent à l'usine d'aliments. La filière volaille « intégrée » de la Vallée de la Drôme est une des plus forte génératrice d'emploi. Toutefois elle est aussi une des plus impactante pour l'environnement (consommation d'eau et d'énergie, acidification potentielle des sols notamment), et reste fortement dépendante d'imports en soja du Brésil et en poussins, et des exports des « cinquièmes quartiers » : « aujourd'hui, on parle de 500.000 poules pondeuses, dont 300.000 sont en bio, ce qui génère aussi d'importants besoins en maïs, orge et soja bio » (président de Val soleil). Ce dernier de retrouvant en concurrence directe avec les productions du Gers. L'autoconsommation locale permet de maintenir des prix de céréales plus élevés (20€ de plus par tonne que ceux d'autres départements français), et d'absorber les fluctuations que connaît la production avicole, Valsoleil ayant les marchés pour volaille chair et œuf de plein air. Le local devient alors un moyen de mieux exporter, à la fois la production de volaille et d'œufs qui partent dans les circuits de distribution classiques, mais aussi de permettre à la CDC d'exporter 50 % de son blé et 60 % de son maïs principalement en Italie et en Afrique du nord, en forte concurrence avec l'Ukraine.

Les autres liens entre filières évoqués par les acteurs de la VDD sont beaucoup plus anecdotiques : des échanges paille-fumier entre éleveurs et céréaliers ; une expérimentation « brebis dans les vignes » ; les plantes et huiles essentielles (PPAM) sont évoquées pour être davantage utilisées en préventif et en curatif dans les soins aux petits ruminants (chèvres, moutons).

Traductions de l'absence de liens/synergies entre filières et potentiels de changement

Cette absence de liens/synergies entre filières se traduit par :

- un problème de renouvellement de la fertilité des sols et leur appauvrissement en matière organique. De plus, le développement de l'AB a amené à une réduction d'usage des intrants chimiques, mais a par contre accru le problème de déséquilibre de matière organique (production par les élevages bien inférieurs aux besoins des cultures, notamment en bio). Cela peut également être relié à la question critique de l'eau du fait du changement climatique et du développement des cultures irriguées (comme en vigne ou PPAM, par exemple, qui ne l'étaient pas avant).
- des projets de valorisation des co-produits, notamment *via* une plateforme de compostage, qui connaît des difficultés de mise en place (voir partie suivante).
- la mise à jour de concurrences. Par exemple Valsoleil achète 1500t de PAT (Protéine Animales Transformées) à 13 fournisseurs différents, mais il n'y a que deux entreprises de « sourcing » en France (Saria et Akiolis) avec une concurrence sur l'usage de certains co-produits comme les plumes pour la fabrication des PAT entre approvisionnement agricole (les PAT sont principalement utilisées en grandes cultures étant données leur coût), filière des « pet-food » et de l'aquaculture.
- des manques. Étant données la forte croissance des filières volailles, nos interlocuteurs ont cité : une culture de soja (locale) non OGM pour l'alimentation animale ; une casserie pour les œufs et la fabrication d'ovoproduits qui pourraient servir à d'autres IAA de la VDD ; une unité de transformation ou de méthanisation pour les nombreux co-produits d'abattoirs (sang, plumes, os...) dont ils ne savent pas quoi faire. L'augmentation des volumes des transformateurs, interroge le coût logistique et le potentiel de développement d'une unité de valorisation de ces co-produits à l'échelle locale ou du département.

4.2.1.2.3. Le métabolisme des biomasses résiduelles (BR) dans la Vallée de la Drôme

La caractérisation des flux de BR entre acteurs des filières et des territoires, montre que les acteurs sont hétérogènes dans leur rapport aux BR, et que malgré l'image de durabilité associée au territoire, des déséquilibres importants existent entre production et apports de BR. Les effluents d'élevage sont loin de répondre aux besoins des cultures en termes de fertilisation. Ils ne suffisent même pas aux seuls besoins des cultures en AB.

Pour faire face à ces déséquilibres, la majorité des agriculteurs s'inscrivent dans une logique de substitution des BR par des engrais commerciaux, qui obéissent à des logiques dépassant celles du territoire. La gestion territoriale des BR d'origine non agricole, qui pourrait être une réponse à la substitution des BR par des engrais commerciaux, s'inscrit, elle aussi, à des échelles supra-territoriales.

En effet, il ressort que le métabolisme des BR s'effectue entre acteurs différents et pas à la même échelle selon les types de BR (Gabriel, 2021). Ce dernier montre comment les échanges entre acteurs économiques s'organisent, en fonction des BR, à trois échelles différentes : 1) la substitution des BR par des engrais commerciaux est ancrée dans des réseaux globaux ; 2) la gestion des BR d'origine agricole s'effectue à l'échelle locale, bien que cette gestion soit de plus en plus fragilisée ; 3) la gestion des BR d'origine non agricole s'inscrit entre local et global.

La substitution consiste dans le remplacement de BR par des substituts commerciaux et normés : des engrais minéraux, organo-minéraux, organiques. Les agriculteurs « substituants » (achetant des engrais commerciaux) entretiennent des relations privilégiées avec les coopératives et négociants, en ce qui concerne leurs approvisionnements en engrais azotés. Cette substitution concerne quasiment tous les agriculteurs, à des degrés divers. La logique de substitution donne à voir des échanges qui échappent largement aux acteurs du territoire, et s'effectuent à des échelles plus larges, notamment avec des fabricants d'engrais situés à l'extérieur du territoire et s'inscrivant dans des filières de production globalisée comme dans le cas des protéines animales transformées (PAT), principale matière organique fertilisante achetée. Les échanges des BR d'origine agricole s'inscrivent majoritairement dans des échanges locaux entre agriculteurs et reposent sur la complémentarité entre cultures et élevages. Ces échanges dépassent parfois le cadre strict des échanges de matière, et incluent des relations d'entraide entre agriculteurs. Quant à la gestion des BR d'origine non agricole, elle s'inscrit entre local et global. Les principaux transformateurs de BOA du territoire exportent tout ou partie de leurs co-produits. Les BR d'origine végétale, si elles ne sont pas toutes valorisées en agriculture, ont vu certaines contraintes réglementaires se lever quant à leur valorisation locale, comme dans le cas des résidus de vinifications depuis 2014, qui auparavant devaient être obligatoirement valorisés en distillerie. Toutefois les transformateurs de plus petite taille cherchent à valoriser leurs co-produits (drèches et pailles) par du compostage à la ferme. Ce qui n'est pas le cas des BR d'origine animale intégrées à des filières longues à une échelle nationale, notamment pour les déchets d'abattoir. Les valorisations locales sont plus rares. Les déchets verts et urbains ont, eux, vocation à être valorisés localement. Pour autant les déchets ménagers sont d'abord exportés pour traitement, et se heurtent comme les boues de station d'épuration à des réticences quant à leur ré-usage localement en agriculture. Le compostage agricole apparaît alors comme une voie prometteuse pour la relocalisation des flux. Un projet de plateforme de compostage naît alors de la convergence d'intérêts entre une coopérative associée à des éleveurs de volaille (qui ne peuvent, pour des raisons réglementaires ou agronomiques épandre sur leurs parcelles) et une collectivité peinant à trouver des débouchés pour ses déchets (capacité limitée de stockage de déchets verts, et difficultés à trouver une valorisation agricole et locale des boues de stations d'épuration, dont les agriculteurs se méfient). Sur ce projet se greffent d'autres intérêts, comme par exemple une valorisation des moûts de raisins, qui partent actuellement en Ardèche pour distillation (obligation réglementaire de distillation des moûts jusqu'en 2014), et pourraient venir alimenter le projet de plateforme de compostage, en permettant aux viticulteurs de récupérer du compost (Gabriel, 2021), tout en limitant leur dépendance à des engrais de synthèse. Mais le projet peine à se mettre en place, car il s'agit de mettre autour de la table des acteurs différents (agriculteurs, opérateurs de la transformation, collectivités...), avec des divergences sur les finalités, les produits qui seraient issus de cette plateforme et leur commercialisation, la priorité dans la distribution des produits aux apporteurs de BR, l'intégration des boues de station d'épuration et des déjections issues d'élevages touchés par la salmonellose, la localisation de la plateforme..., autant d'options mettant au jour les différences de valeurs des différents acteurs.

4.2.1.3. Productions

Articles

Gabriel A., Madelrieux S., Lescoat P., 2020. A review of socio-economic metabolism representations and their links to action: Cases in agri-food studies. *Ecological Economics*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106765>

Marty P., Dermine-Brullot S., Madelrieux S., Fleuet J., Lescoat P., 2021. Transformation of socioeconomic metabolism linked to the development of bioeconomy. Case of northern Aube (France). *Soumis à European Planning Studies*.

Communications scientifiques

Fleuet J., 2019. Les bioéconomies au prisme des relations culture-élevage dans le Nord de l'Aube. Communication au séminaire Les conditions d'émergence d'une bioéconomie durable, SFR Condorcet, Amiens, 29 novembre 2019.

Gabriel A., Madelrieux S., Lescoat P., 2020. Residual biomass management in agricultural systems in the Drôme Valley. Discussion of two programs of ecologization: industrial and earthbound. IFSA Congress (Farming Systems Facing Climate Change and Resource Challenges), Évora, Portugal (reporté à 2021 à cause du Covid)

Gabriel A., Madelrieux S., Lescoat P., 2019. In agri-food studies, metabolic representations and action are deeply intertwined - Towards a more political metabolism? 13th international conference of the European Society for Ecological Economics, Turku (Finland), 18-21 juin 2019.

Gabriel A., Madelrieux S., Lescoat P., 2019. The role of local stakeholders and moral systems in farmers' management practices of residual biomasses. A case study in Vallee de la Drôme, France. 13th international conference of the European Society for Ecological Economics, Turku (Finland), 18-21 juin 2019.

Marty P., Dermine-Brulot S., Lescoat P., 2020. Rencontre des acteurs des territoires. Une étape nécessaire à la consolidation du métabolisme territorial. Réunion GIS Elevage – Action Thématique Transversale inter-instituts de l'ACTA Economie Circulaire, 6 novembre 2020.

Marty P., 2019. Concurrence, synergies et soutenabilité au sein et entre les bioéconomies à l'échelle territoriale : les apports de l'approche métabolique. Communication au séminaire Les conditions d'émergence d'une bioéconomie durable, SFR Condorcet, Amiens, 29 novembre 2019.

Enseignements

Master Erasmus Mundus Bioceb : portage par Ph. Lescoat avec la collaboration de membres du réseau Boat d'un enseignement en anglais de 48h sur la production de biomasse d'origine agricole dans les territoires. Des enseignements théoriques se combineront à une application dans un territoire où des problématiques proches de celles de Boat seront étudiées. Le territoire visé est celui du Pithiverais où s'est déroulé un stage de M2 sur ce thème cette année avec l'ACTA.

4.2.2. Les empreintes

La production et la valorisation des BOA animent un métabolisme aux empreintes tant énergétique, environnementale que socio-économique. Ces empreintes témoignent, toute chose égale par ailleurs, du caractère plus ou moins « performant » du métabolisme considéré : son coût énergétique, ses impacts environnementaux et ses retombées économiques.

4.2.2.1. Résultats méthodologiques

4.2.2.1.1. Empreinte environnementale

La production agricole génère des impacts environnementaux importants, notamment sur la qualité de l'eau (eutrophisation, acidification), de l'air (gaz à effet de serre, particules fines), sur la consommation de ressources non-renouvelables ou sur la biodiversité. Il est donc important de caractériser l'empreinte environnementale de la production et de la transformation des BOA dans les territoires d'étude, afin d'identifier les principaux points à améliorer et d'évaluer différents scénarios prospectifs sous cet angle. L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode d'évaluation environnementale multicritère. Cette méthode présente l'intérêt de caractériser différents impacts environnementaux, tant sur la production que sur la transformation des produits agricoles. Elle a cependant été peu utilisée à l'échelle de territoires. Le projet Boat fournit donc une occasion d'expérimenter l'ACV à cette échelle, dans deux territoires contrastés.

Le choix méthodologique retenu est de réaliser des ACV par produit, pour les principaux produits agricoles du territoire, puis d'agréger ces analyses afin d'obtenir l'empreinte de l'activité agricole du territoire.

1. Les bases de données publiques mobilisées dans le cadre du projet permettent de définir de manière précise l'assolement du territoire et le cheptel animal. A partir de ces bases de données et d'expertise locale, nous avons ensuite réalisé une typologie des différents modes de production (agriculture conventionnelle, biologique, de conservation des sols...).
2. Des enquêtes ont ensuite été réalisées chez différents agriculteurs afin de préciser les différents modes de production de tous les produits agricoles du territoire.
3. Puis une ACV a été réalisée produit par produit et mode de production par mode de production.
4. Ces ACV ont ensuite été agrégées entre elles pour faciliter l'interprétation des résultats et la comparaison avec d'autres résultats scientifiques.
5. Lorsque des scénarios ont été produits, une deuxième itération du processus a été réalisée, afin de permettre la comparaison des résultats.

Dans la VDD, six grandes cultures, la viticulture, l'arboriculture fruitière, la production avicole (œuf et chair), la production ovine et la production de lait de chèvre ont été étudiées. Ces filières couvrent environ 85 % de la SAU du territoire.

Dans le NA, 12 grandes cultures, la production de bovin lait et viande, de porc, d'ovin viande et de volaille (œuf et chair) ont été modélisées, ce qui couvre plus de 90 % de la SAU du territoire. Le mode de transformation majoritaire de chaque produit a également été représenté pour ce territoire.

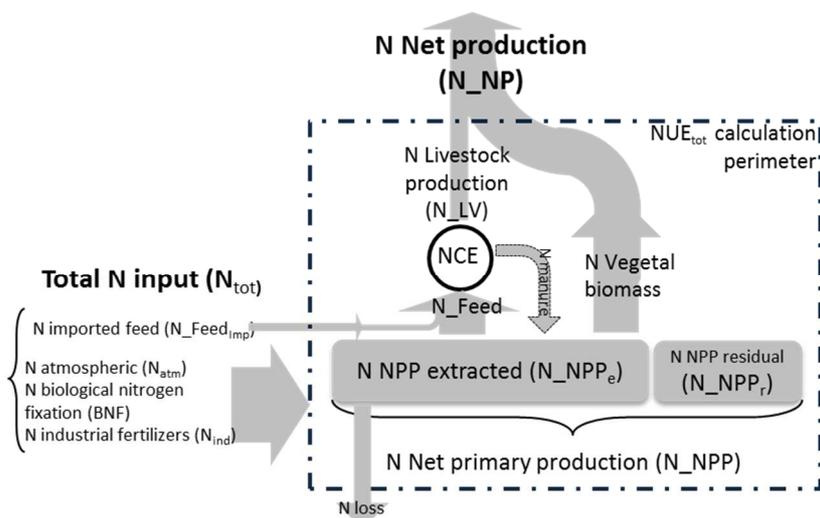
Les impacts environnementaux ont été calculés pour six catégories d'impacts : eutrophisation, acidification, consommation d'eau, utilisation de terres, consommation de ressources non renouvelables et émissions de gaz à effet de serre. Les impacts sont exprimés pour l'ensemble du territoire, par kg de produit et par ha de terre agricole mobilisé pour la production de chaque produit. Dans ce territoire, deux scénarios ont pu être construits avec les acteurs rencontrés, et analysés par ACV (voir résultats ci-après).

La mise en œuvre de cette méthodologie a pu être validée sur les deux territoires. Toutefois, la plus grande diversité des productions dans la VDD a rendu impossible l'évaluation de la première transformation dans ce territoire.

4.2.2.1.2. Empreinte énergétique et azote

Les termes « empreinte énergétique » et « empreinte azote » ont été choisis pour exprimer les principaux traits du bilan d'énergie et d'azote des systèmes agricoles du NA et de la VDD. Les empreintes énergétique et azote sont deux aspects cruciaux du

La figure 5 montre le cadre d'analyse et les flux comptabilisés dans le calcul de l'empreinte azote (N). L'empreinte azote exprime la somme des pertes liées à l'activité végétale et animale. La production nette (N_{NP}) est la même que dans le calcul de l'empreinte énergétique moyennant qu'elle soit comptabilisée en azote (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018a). Les entrées d'azote par fixation biologique des légumineuses (BNF), engrais de synthèse (N_{ind}), aliments importés ($N_{feedimp}$) et dépôt atmosphérique (N_{atm}) somment aux entrées totales d'azote qui sont toujours un multiple de la production nette (N_{NP}). Le rapport de la production nette aux entrées totales (N_{tot}) correspond à l'efficacité totale d'utilisation de l'azote et permet d'exprimer l'empreinte comme une fonction de la production nette (N_{NP}), soit $Empreinte_N = N_{NP} * (1 - N_{UEtot}) / N_{UEtot}$.



Tous les flux sont exprimés en azote (N). Les entrées totales de N (N_{tot}) sont la somme de fixation biologique d'azote (BNF), engrais de synthèse (N_{ind}), aliments importés ($N_{Feedimp}$) et dépôt atmosphérique (N_{atm}). La production nette (N_{NP}) est la somme de production végétale et animale une fois les animaux d'élevage nourris. Le rapport de la production nette (N_{NP}) aux entrées totales de N (N_{tot}) correspond à l'efficacité totale d'utilisation de l'azote (N_{UEtot}) de l'agriculture. L'empreinte azote est égale aux pertes totales de N.

Figure 5: Cadre d'analyse de l'empreinte azote de l'agriculture (source : Harchaoui et Chatzimpiros, 2018a)

4.2.2.1.3. Empreinte socio-économique

Si les indicateurs candidats à la mesure des retombées économiques sont nombreux en théorie (PIB, emploi, valeur ajoutée, masse salariale, ...), ils sont drastiquement plus réduits à l'échelle de territoires infranationaux, car les données statistiques disponibles y sont plus rares, moins homogènes et moins fiables.

Les flux de réels de matière et d'énergie qui animent le métabolisme des BOA reposent – en bonne partie – sur l'existence d'activités économiques mobilisant de la force de travail. La sollicitation de cette dernière va induire la création d'emplois et la provision de revenus qui vont profiter à la population active et à son niveau de vie. L'emploi et le revenu sont à ce titre d'importants marqueurs de l'empreinte socio-économique que nous mesurons dans ce projet en :

1. qualifiant l'intensité de l'ancrage spatial⁸ des revenus ainsi créés localement ;
2. identifiant les secteurs d'activité moteurs de la production et la valorisation de la BOA territoriale ;
3. analysant la croissance de l'emploi en termes d'effet de spécialisation, de compétitivité, d'émergence ou hors-normes (booms/crashes) ;

Intensité de l'ancrage spatial des revenus créés localement

L'exploitation des données du recensement général de la population (RGP) nous permet de suivre la mobilité professionnelle des individus. Il n'est cependant pas possible de distinguer la nature des emplois occupés autrement qu'au travers des 5 grands secteurs que sont l'agriculture, l'industrie, la construction, le tertiaire marchand et le tertiaire non marchand. Dans le cas de nos deux territoires d'études, il est ainsi possible de calculer un taux de rétention (part des emplois locaux occupés par des actifs résidents), un taux d'évasion (part des emplois locaux occupés par des non-résidents) et un taux de capture (part des emplois non-locaux occupés par des actifs résidents en proportion du nombre d'emplois locaux) des revenus⁹.

Les secteurs moteurs de la production et la valorisation de la BOA territoriale

La croissance de l'emploi découle, toutes choses égales par ailleurs, du dynamisme (ou du déclin) des secteurs d'activité locaux. Aussi, il nous a semblé utile d'isoler les principaux secteurs moteurs de la croissance de l'emploi, c'est-à-dire ceux affichant les plus forts taux de croissance. Le projet Boat s'est intéressé uniquement aux secteurs d'activité participant de la chaîne de valeur allant de la production à la valorisation de la BOA, c'est-à-dire – en reprenant la nomenclature d'activité française – les

⁸ Ce critère a été introduit dans le proto-métabolisme dans la dimension ancrage et non empreinte. Nous proposons de le reprendre ici pour l'explicitier davantage avec les autres critères de l'empreinte socio-économique.

⁹ Nous faisons ici l'hypothèse qu'il n'y aurait pas d'écart notable de rémunération entre les emplois occupés par des actifs résidents et ceux occupés par des actifs non-résidents. Par exemple, le taux de rétention est alors égal à la part des actifs stables, c'est-à-dire la part des actifs travaillant et habitant dans un même territoire.

secteurs de la production, de la transformation, des services, du commerce de gros et du commerce de détails. Comme dans le reste du projet Boat, une attention particulière a été accordée aux secteurs de la production et de la première transformation agricole.

Analyse shift-share de la croissance l'emploi

L'analyse shift-share (SSA) est une technique de décomposition d'un taux de croissance afin d'identifier la part expliquée par un effet de spécialisation régionale et celle expliquée par un effet de compétitivité. Dans une publication récente, cette technique s'est améliorée afin d'être utilisable – sans contrainte – à n'importe quelle échelle géographique et de tenir compte – en outre – de deux effets complémentaires qui peuvent y survenir : l'émergence de nouveaux secteurs et la croissance sectorielle hors-norme (booms ou crashes sectoriels). Cette nouvelle technique, baptisée SSSA, se fonde – d'une part – sur l'idée qu'un mix d'activités favorable à la croissance d'un territoire est un mix qui s'écarte d'une distribution uniforme de telle sorte que les secteurs aux effectifs les plus importants sont ceux qui affichent les plus fortes croissances. D'autre part, un territoire est jugé compétitif d'après la SSSA si les secteurs existants ont de bonnes performances en moyenne, indépendamment de leurs effectifs (i.e. sous l'hypothèse d'effectifs égaux entre secteurs d'activité). Ce faisant, la SSSA n'introduit pas de présupposés quant à l'intérêt d'un territoire à se spécialiser dans des secteurs qui croissent rapidement ailleurs ou à remédier aux absences sectorielles. En revanche, les secteurs qui – absents en début de période – apparaissent au cours de la période sont isolés dans une composante « effet d'émergence ». Enfin, les taux de croissances extrêmes (crashes et booms sectoriels) – qui faussent l'analyse statistique des tendances centrales – sont également isolés dans une composante « effet hors-norme ».

En bref, les composantes de la SSSA – dont la méthode détaillée dans Ruault et Schaeffer (2020) – peuvent se résumer ainsi :
-effet de compétitivité : la diversité des secteurs d'activité présents localement est favorable à la croissance lorsque – indépendamment de leur poids respectifs – tous les secteurs sont en moyenne croissants ;

-effet de spécialisation : l'inégale répartition des emplois entre secteurs d'activités (par rapport à une hypothèse d'équi-répartition) fait que certains secteurs sont sur-représentés par rapport à d'autres, ce qui participe d'un surplus de croissance si cette sur-représentation concerne des secteurs particulièrement dynamiques, ou d'une perte additionnelle de croissance si – au contraire – ces secteurs sont moins performants ou en déclin ;

-effet hors-norme : certains secteurs, notamment parmi ceux qui comptent peu d'effectifs, peuvent connaître des croissances ou des décroissances explosives de leur emploi (s'écartant de 1,5 fois l'intervalle interquartile, conformément aux limites de Tukey), qui une fois cumulés peuvent peser positivement ou négativement sur le taux de croissance régional ;

-effet d'émergence : les secteurs d'activité qui apparaissent au cours de la période étudiée contribuent positivement au taux de croissance régional.

Ces différents effets permettent d'analyser les métabolismes territoriaux et d'expliquer l'origine de leur performance en termes d'emploi.

4.2.2.2. Résultats situés

4.2.2.2.1. Empreinte environnementale

Dans la VDD, trois productions agricoles représentent l'essentiel des impacts environnementaux : les grandes cultures, la production avicole (volaille de chair et œufs) et l'élevage ovin. On remarque sur la figure 6 que les grandes cultures sont le secteur responsable de la plus grande part des impacts liés à l'eutrophisation (46 %), à l'utilisation des terres (43 %), à l'émission de gaz à effet de serre (68 %) et à la consommation de ressources fossiles (36 %). La production avicole est le premier secteur en termes d'acidification (29 %), alors que la production fruitière domine sur la consommation d'eau (37 %). Il est cependant important de noter que ces différentes activités occupent des surfaces très différentes. En effet, les prairies permanentes et parcours, valorisés par l'élevage ovin et dans une moindre mesure par l'élevage caprin, représentent 17000 ha soit environ 33 % de la SAU du territoire, pour un impact variant entre 3 % (consommation d'eau) et 39 % (acidification). Les grandes cultures, occupant 25 % de la SAU du territoire, représentent systématiquement plus de 35 % de l'impact total du territoire. Quant à la production avicole, elle porte un impact très élevé par rapport à son étendue territoriale, puisqu'une grande partie de l'aliment consommé par les volailles n'est pas produit dans la zone d'étude, ce qui est assez typique des systèmes d'élevage dits « hors-sol ». Enfin, l'arboriculture représente 37 % des consommations d'eau pour une occupation des terres de 1,4 % de la SAU.

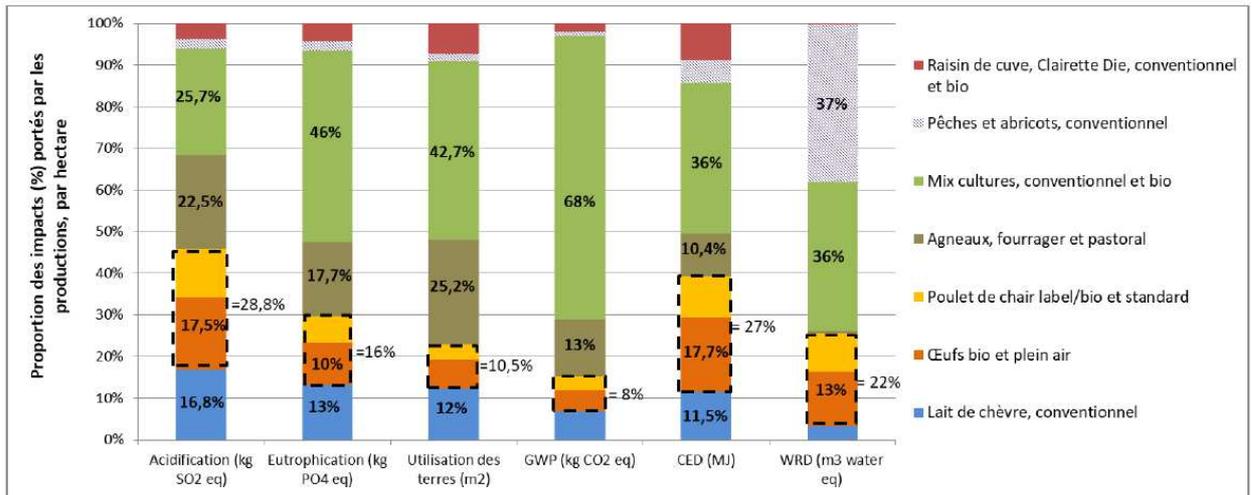


Figure 6: Contribution des différentes productions agricoles aux six catégories d'impacts environnementaux calculées par ACV dans la Vallée de la Drôme

Dans le NA, Les grandes cultures (hors cultures industrielles : betterave, pomme de terre, chanvre, luzerne) couvrent plus de 67 % de la SAU, et sont logiquement responsables de la majorité des impacts environnementaux à l'exception de la consommation d'eau, principalement liée à la culture de la betterave. Il est intéressant de noter que les impacts par kg de produit et par ha sont défavorables aux productions animales, mais que ces dernières, très peu présentes dans la zone d'étude, contribuent finalement assez peu à l'impact total du territoire. A l'inverse, les grandes cultures, malgré leur profil environnemental plutôt favorable, représentent l'essentiel des impacts (figure 7).

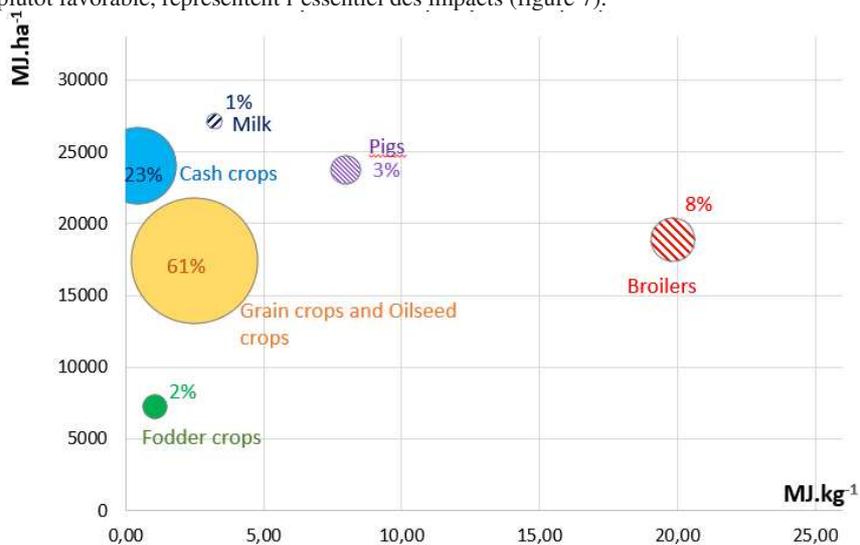


Figure 7: Consommation de ressources non renouvelables des différentes productions du Nord de l'Aube, en MJ par kg de produit et par ha

La première transformation industrielle est intéressante à considérer, car elle fait ressortir des différences notables liées aux processus de transformation mis en œuvre. Par exemple, la luzerne, au profil de production très favorable (figure 7), voit son empreinte environnementale fortement dégradée par le processus de déshydratation, très consommateur d'énergie fossile (figure 8), catégories « abiotic depletion » et « global warming ». De même, le fonctionnement des abattoirs est gourmand en énergie et dégrade notablement le profil environnemental de la production porcine. En revanche, la première transformation des céréales, constituant en un simple triage et stockage avant expédition, est logiquement très peu impactante malgré les volumes traités.

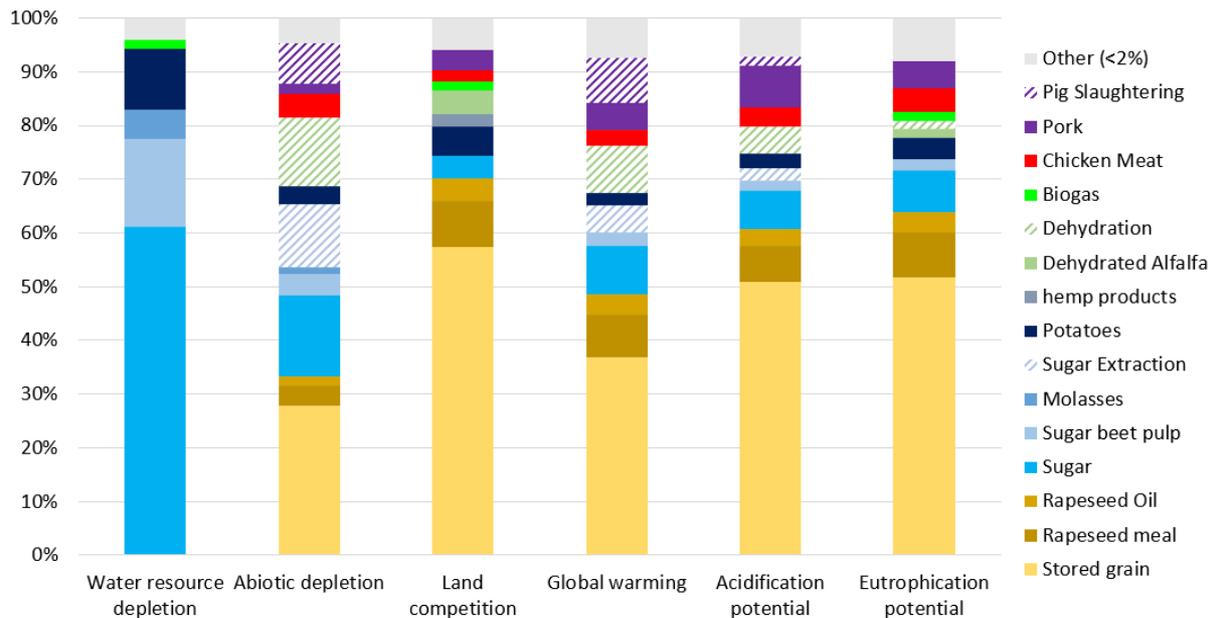


Figure 8: Contribution des différentes productions agricoles aux six catégories d'impacts environnementaux calculées par ACV dans le Nord de l'Aube

La simulation de deux scénarios, discutés avec les acteurs rencontrés sur le territoire, est intéressante pour évaluer le potentiel de différents scénarios. Malheureusement, la précision des estimations de ce travail est d'environ 10 à 15 % selon les impacts. Or ni le scénario de développement de la méthanisation, ni le scénario de relance de la production ovine ne génère des variations d'impact supérieures à 10 %. Seul l'indicateur d'autonomie énergétique du territoire, complémentaire à l'ACV, est fortement modifié par le développement de la méthanisation (figure 9).

		Current State	Scenario 1 Biogas Production Increase	Scenario 2 Sheep farming Increase
LCA	Water resource depletion (WRD)	100	+3%	=
	Abiotic resource depletion (AD)	100	-8%	-1%
	Land competition (LC)	100	+6%	-1%
	Global warming potential (GWP)	100	-3%	-1%
	Acidification potential (AP)	100	=	-1%
	Eutrophication potential (EU)	100	+3%	-2%
Complementary indicators	Feeding potential - Energy (Mcal)	100	=	-1%
	Feeding potential – Proteins (kg)	100	=	=
	Feeding potential - Animal			
	Proteins (kg)	100	=	+1%
	Energy Autonomy of Agricultural Sector in the territory (%)	21	+263%	=

Figure 9: Effet de deux scénarios d'évolution de l'agriculture sur les impacts environnementaux du territoire du Nord de l'Aube

4.2.2.2. Empreinte énergétique et azote

Les tableaux 3 et 4 montrent respectivement les résultats de l'analyse énergétique et azote pour les deux cas d'étude.

Empreinte énergétique du NA et de la VDD

L'empreinte énergétique de l'agriculture est dans les deux cas d'étude dans sa quasi-totalité fossile. Cela signifie qu'en dehors de la nourriture des agriculteurs réinvestie dans le système sous forme de travail, la production agricole repose dans les deux territoires sur un recours exclusif aux énergies fossiles (et dans une bien moindre mesure à l'électricité) mobilisées pour actionner les machines et produire les engrais et autres intrants requis. Le bilan énergétique exprimé en EROI équivalent

biomasse (EROI_{beq}), varie entre moins de 1 et jusqu'à 3,4 selon les territoires, signifiant, pour la valeur basse, que le bilan énergétique global de l'agriculture est légèrement négatif et, pour la valeur haute, que la production de biomasse agricole est de 3,4 fois supérieure à l'équivalent biomasse de l'énergie investie. En gros, si l'on déduit de la NP l'équivalent biomasse de l'énergie investie, la production de la VDD est nulle (EROI_{beq}<1) et celle du NA est d'environ 18 pétajoule (PJ) au lieu de 25,5 PJ (NP-NP/EROI_{beq} = 18).

	SAU (kha)	EI (PJ)	Dont empreinte fossile et électrique	Intensité de l'empreinte (GJ/ha)	NP (PJ)	Productivité (GJ/ha)	EROI	EROI _{beq} (équivalent biomasse)
Département de l'Aube	377	6,6	6,5	17,3	44,7	119	6,7	2,5
Zone d'étude Nord de l'Aube	177	3	3	16,9	25,5	144	8,5	3,4
Département de la Drôme	184	2,1	2	11,4	5,5	30	2,6	0,9
Zone d'étude Vallée de la Drôme	47	0,45	0,44	9,6	2,7	57	5,9	2

Tableau 3: Résultats de l'analyse de l'empreinte énergétique

Le résultat d'EROI comme d'EROI_{beq} sont très largement gouvernés par les spécialisations agricoles des territoires et notamment la part occupée par l'élevage. Le NA est plus orienté vers les grandes cultures, essentiellement les céréales avec une part dans la SAU supérieure à 50 %, contre 20 % pour la VDD où dominent les prairies et fourrages annuels, avec une part de 50 % contre moins de 10 % pour le NA. En termes d'orientation entre production de protéines animales et végétales totales, la VDD enregistre deux fois plus de production animale (875 t de N) que le NA (488 t N).

Dans le NA, la production bovine représente environ 60 % de la production animale totale, contre moins de 10 % dans la VDD, cette dernière étant dominée par la production de monogastriques à hauteur de près de 90 % (viande de volaille, œufs et viande de porc représentant respectivement 50, 30 et 10 %). L'activité de l'élevage fait baisser la production nette et fait augmenter la consommation d'énergie de l'agriculture. La production nette du NA égale à 25,5 PJ contre 2,7 PJ dans la VDD signifie que le NA contribue près de 10 fois plus de nourriture que le deuxième pour seulement 50 % plus d'énergie consommée, ce qui transparaît clairement par les différences de productivité unitaire (Gigajoule par hectare -GJ/ha-) et les différences d'EROI et EROI_{beq}.

Empreinte azote du NA et de la VDD

La NUE (efficacité d'utilisation de l'azote) est une dimension cruciale de l'empreinte azote de l'agriculture et aussi un facteur central d'influence sur le bilan énergétique de l'agriculture. En effet la NUE détermine la part perdue de l'azote investi et par conséquent, une faible NUE conduit à augmenter le coût énergétique de la production. La fertilisation en azote reposant essentiellement sur les engrais de synthèse à base d'énergies fossiles (de 70 à plus de 90 % de N industriel dans la fertilisation totale selon les cas d'étude), elle a une forte empreinte fossile et toute perte d'azote par lessivage et lixiviation revient à une perte d'énergie grise qui creuse le bilan énergétique du système. La NUE totale de l'agriculture (NUE_{tot}) se démarque de celle des cultures (NUE_{culture}) puisqu'elle intègre les pertes associées à l'élevage, liées notamment à la gestion des excréments. La part de l'élevage explique donc en grande partie les écarts entre NUE_{culture} et NUE_{tot} qui sont maximaux pour la VDD.

	BNF (kt d'azote)	Natm (kt d'azote)	Engrais de synthèse (kt d'azote)	N _{tot} (kt d'azote)	N_NP _{Pe} (kt d'azote)	NUE culture (%)	NUE totale (%)
Département de l'Aube	5,6	1,9	69	77	47	62	57
Zone d'étude Nord de l'Aube	2,6	0,9	33	36	22	64	59
Drôme	2,6	1	11	14	4	75	29
Zone d'étude Vallée de la Drôme	1,1	0,2	2,7	3,9	1,4	55	37

Tableau 4: Résultats de l'analyse de l'empreinte azote

En revanche, l'intensité de l'empreinte énergétique est la plus faible dans la VDD (tableau 4), ce qui en partie reflète la part qu'occupent les prairies dans la SAU, ainsi que la pratique à plus grande échelle dans la Drôme que dans l'Aube de l'AB. Cette dernière conduit à amenuiser la dépendance aux intrants fossiles par hectare au travers notamment de la BNF (fixation biologique de l'azote) et donc à réduire l'empreinte fossile.

A l'exception de la VDD, les valeurs d'EROI_{beq} sont supérieures à celle calculée pour la France aujourd'hui, qui est d'environ 0,9 (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018b). Cette supériorité de bilan énergétique s'explique en partie par la plus grande efficacité totale d'utilisation de l'azote (NUE_{tot}) et la plus faible part de l'élevage dans les deux cas d'étude par rapport à la moyenne française.

4.2.2.2.3. Empreinte socio-économique

Intensité de l'ancrage spatial des revenus créés localement

Il est remarquable que les deux zones d'étude ont un ancrage spatial des emplois similaires, que ce soit pour tous les secteurs confondus (tableau 5) ou pour l'emploi agricole uniquement.

	VDD	NA
Taux de rétention	78 % (90 %)	79 % (88 %)
Taux d'évasion	22 % (10 %)	21 % (12 %)
Taux de capture	40 % (9 %)	48 % (11 %)

Source : Insee-RGP 2015

Tableau 5: L'ancrage spatial des revenus tous secteurs confondus en 2015 (et secteur agricole isolément)

L'écart se creuse seulement pour le taux de capture, plus important dans le NA, probablement en raison de la proximité du bassin d'emploi francilien et ses riches opportunités d'emploi. Si le taux de rétention est prépondérant, l'évasion et la capture de revenus ne sont pas négligeables, témoignant de l'ouverture et l'interdépendance des territoires d'étude vis-à-vis des territoires voisins. Sans surprise, l'ancrage spatial des revenus agricoles est lui nettement plus fort, puisque le taux de rétention avoisine les 90 %, et que le taux d'évasion et de capture dépassent – l'un comme l'autre – difficilement la barre des 10 %. En somme, l'étape de production de la BOA participe d'un fort ancrage spatial des retombées économiques au sein de métabolismes ouverts (e.g. marché du travail). Il est désormais intéressant d'observer quelles sont les principales activités motrices de la création d'opportunités d'emploi.

Les secteurs moteurs de la production et la valorisation de la BOA territoriale

Le métabolisme de production et de valorisation de la BOA implique un important chaînage d'activités allant du soutien de la production agricole au commerce de détails qui assure la distribution des produits au consommateur final. Le projet Boas s'est focalisé sur la production agricole et la première transformation, mais il est intéressant ici d'observer avec recul l'ensemble de la chaîne de valeur.

	VDD	NA	Reste de la France
Production agricole	6,5 %	1,7 %	-4,0 %
Première transformation	5,8 %	-25,7 %	-3,7 %
Autres activités de transformation ou de soutien	8,7 %	13,0 %	1,5 %
Commerce de gros	-1,5 %	-14,7 %	-2,2 %
Commerce de détails	16,8 %	8,1 %	4,4 %

Source : CLAPS et ESTEL, Insee (données consolidées)

Tableau 6: La création d'emplois pour les maillons essentiels de la chaîne de valeur sur la période 2008-2015

C'est la VDD qui présente la meilleure dynamique sur l'ensemble de la chaîne de valeur (tableau 6), avec une création d'emplois à chaque maillon, exception faite du commerce de gros qui se porte toutefois mieux que dans les territoires de comparaison. Le NA se démarque quant à elle par un fort dynamisme des autres activités de transformation et de soutien, ainsi que par le fort déclin de la première transformation et du commerce de gros. On peut faire ainsi l'hypothèse que la VDD est dans une phase d'essor et de développement des activités de production et de valorisation de sa BOA, tandis que le NA connaît une crise ou une restructuration de sa chaîne de valeur.

La croissance de l'emploi pour la production agricole dans la VDD (voir annexe 5) suit des tendances similaires au reste de la France sur l'importance motrice de la culture de plantes à épices, aromatiques, médicinales et pharmaceutiques, et de la culture d'autres fruits d'arbres ou arbustes et de fruits à coque (ex. baies de type myrtille ou fraise, noix, châtaignes...). La VDD se démarque par le dynamisme de l'élevage de volailles, la reproduction de plantes et la culture de la vigne. Le NA a en commun avec la VDD de compter sur la culture de la vigne, et avec le reste de la France, de tirer profit de l'élevage d'autres animaux (ex. apiculture, cervidés...). Ce territoire se distingue par le dynamisme de l'élevage de porcins, la culture de légumineuses, de melons, de racines et de tubercules et de la culture et élevage associés.

Pour la première transformation, on retrouve une inscription de la VDD dans les tendances nationales, avec l'essor de la fabrication de cacao, chocolat et de produits de confiserie, la vinification et la transformation et conservation de fruits. Le territoire se distingue par la croissance de la fabrication d'huiles essentielles et la fabrication de bière. Le NA a la vinification en commun avec les autres territoires de comparaison (VDD et France), mais le constat est surtout celui d'un faible nombre de secteurs de la première transformation en croissance, puisqu'il n'a même pas été possible de compléter le « top 5 » du tableau

(voir annexe 5). Seules la fabrication de malt et l'autre transformation et conservation de légumes ont une croissance positive au cours de la période 2008-2015.

Si pour finir, on s'intéresse autres activités de transformation et de soutien de l'activité agricole, la VDD et le NA ont tous les deux des secteurs en croissance en commun avec le reste de la France, soit respectivement les activités de soutien à la production animale et l'entreposage et stockage frigorifique. Il est en outre notable que les territoires ont en commun de connaître un essor de la fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a. (ex. soupes, arômes alimentaires...) et du commerce de gros de matériel agricole. Le dynamisme des activités vétérinaires – en lien probable avec l'élevage dans la Vallée de la Drôme – et de la fabrication de biscuits, biscottes et pâtisseries de conservation – en lien probable avec la culture céréalière de l'AOP Aube – sont les autres secteurs marquants.

Il ressort de cette analyse des secteurs moteurs de l'économie qu'en dépit d'une forte similitude entre les territoires d'étude en matière ancrage territorial des revenus, les besoins en main d'œuvre du métabolisme territorial s'exprime sur des fronts différents, esquissant des profils de production et de valorisation de la BOA distincts. En l'état, cette empreinte socio-économique éclaire peu la nature et l'origine de la performance du métabolisme territorial en termes d'emploi.

Analyse de la croissance l'emploi

La VDD combine profitablement une bonne spécialisation (+2,6 %) et une bonne compétitivité (+6,5 %) de la première transformation des BOA (tableau 7), mais le territoire se démarque véritablement par l'importance de l'effet hors-norme qui booste son taux de croissance dans les secteurs de la production agricole (+14 %), du commerce de gros (+6 %) et du commerce de détails (+5,2 %). Sans ce boost, la production agricole serait en déclin, à la fois en raison d'un défaut de spécialisation (-6,7 %) et d'un défaut de compétitivité (-0,8 %). Le territoire est particulièrement compétitif par le commerce de détails et particulièrement bien spécialisé dans les autres activités de transformation ou de soutien de la production agricole.

Le NA combine de son côté une bonne spécialisation (+1,3 %) et une bonne compétitivité (+8,6 %) des autres activités de transformation ou de soutien de la production agricole. Le territoire témoigne d'un manque de compétitivité pour le commerce de gros (-8,5 %), la production agricole (-4,7 %) et la première transformation (-1,5 %) ; compensé par une bonne spécialisation pour ces deux derniers (+2,5 % et +1,4 %), mais avec une première transformation frappée fortement par des crash sectoriels (-22,4 %). Le défaut de spécialisation du commerce de détails (-9,3 %) est lui en revanche compensé par sa bonne compétitivité (+17,7 %).

VDD

Maillon	Compétitivité	Spécialisation	Emergence	Hors-norme
Production agricole	-0,8 %	-6,7 %	0,1 %	14,0 %
Première transformation	2,6 %	6,5 %	0,1 %	-3,4 %
Autres activités de transformation ou de soutien	-2,7 %	13,0 %	0,4 %	-2,0 %
Commerce de gros	-4,1 %	-4,0 %	0,6 %	6,0 %
Commerce de détails	26,5 %	-14,9 %	0,0 %	5,2 %

NA

Maillon	Compétitivité	Spécialisation	Emergence	Hors-norme
Production agricole	-1,5 %	2,5 %	0,1 %	0,6 %
Première transformation	-4,7 %	1,4 %	0,1 %	-22,4 %
Autres activités de transformation ou de soutien	8,6 %	1,3 %	4,8 %	-1,7 %
Commerce de gros	-8,5 %	-6,3 %	1,6 %	-1,4 %
Commerce de détails	17,7 %	-9,3 %	0,0 %	-0,3 %

Source : CLAPS et ESTEL, Insee (données consolidées)

Tableau 7: La décomposition shift-share de la croissance de l'emploi 2008-2015 au sein de la chaîne valeur pour la VDD et le NA

L'examen détaillé des résultats de la SSSA (cf. Annexe 5) éclaire en outre comment les différents secteurs d'activité participent de ces différents effets. En commun aux deux territoires, il peut être relevé que :

- le commerce de gros de matériel agricole, la culture de la vigne et la culture de légumes, de melons, de racines et de tubercules se montrent particulièrement compétitifs ;
- le commerce de gros de matériel agricole est avantageusement sur-représenté ;
- l'élevage d'autres bovins et de buffles est avantageusement sous-représenté ;
- la culture de céréales, de légumineuses et de graines oléagineuses, en déclin dans les deux territoires, est désavantageusement sur-représentée ;
- la culture de légumes, de melons, de racines et de tubercules, en croissance, est désavantageusement sous-représentée ;
- la fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a. est en boom ;
- la fabrication de machines pour l'industrie agroalimentaire est émergent.

Pour le reste, et à l'image de la première transformation, les deux métabolismes territoriaux témoignent d'une empreinte socio-économique distincte, avec néanmoins une dynamique de l'emploi nettement plus favorable dans la VDD que dans le NA.

4.2.2.3. Productions

Empreinte socio-économique intégrée dans l'outil SI-BOAT

Valorisations

Borghino N., Corson M., Nitschelm L., Wilfart A., Fleuet J., Moraine M., Breland T.A., Lescoat P., Godinot O., soumis. Contribution of LCA to territorial decision making: a scenario analysis. Soumis à Journal of Environmental Management.

4.3. Le métabolisme comme objet intermédiaire pour relire l'histoire, comprendre les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie ou scénariser le futur

4.3.1. Le métabolisme pour comprendre les transformations socio-métaboliques passées du système de gestion et valorisation des BOA

4.3.1.1. Transformations socio-métaboliques passées dans le Nord de l'Aube

La littérature aborde la transformation des régimes socio-métabolique à l'échelle de pays ou régions du monde. Dans Boat, une focus particulier a été fait sur cette histoire pour les BR, dans le cadre de la thèse d'Andréa Gabriel (Gabriel, 2021). Par contre, ce qui est moins présent dans la littérature c'est comment cela s'est traduit également à l'échelle de territoires. L'approche métabolique conduite ici a permis une relecture des évolutions passées du système agricole du NA, fortement marqué par la diminution de l'élevage et par une spécialisation accrue en grandes cultures, ce qui a induit un déséquilibre métabolique important sur certains fonds et flux. Ce déséquilibre est aujourd'hui un élément de compréhension important des difficultés et écueils, notamment pour le déploiement de l'AB.

Effets de la diminution de l'élevage

La majeure partie de la surface agricole utilisée du NA est consacrée aux grandes cultures industrielles, avec un élevage résiduel, qui a considérablement diminué depuis 1988 (44 % des exploitations avaient une activité d'élevage en 1988, et seulement 11 % en 2010 (diminution qui sera sans aucun doute encore renforcée lors du RGA de 2020 -RGA, 1988, 2010-), ce qui implique une forte dépendance du territoire vis-à-vis de l'approvisionnement extérieur pour les matières fertilisantes, qui sont actuellement importées d'autres territoires français ou même de l'étranger (notamment du fumier de volaille et du compost des Pays-Bas, importé grâce à l'implication de coopératives massivement impliquées en grandes cultures). Cette faible disponibilité locale de matières fertilisantes issues de l'élevage grève l'existence ou la mise en place d'échanges circulaires de matières fertilisantes à l'échelle locale, qui sont pourtant critiques pour le renforcement de la durabilité du territoire. Le passage d'un système agricole intégré de culture et d'élevage à des systèmes de culture s'est produit entre 1960 et 1990 et est dû à la conjonction de deux causes. Premièrement, les sols pauvres de rendzine et calcaire du NA, qui ne pouvaient auparavant supporter qu'un élevage extensif ovin, se sont trouvés être facilement exploitables par l'agriculture mécanique avec la fourniture d'amendements externes (par ex. fumier et argile), devenant ainsi des sols riches permettant une spécialisation régionale en grandes cultures industrielles. Cette transformation s'est accompagnée de l'émergence de grandes organisations agricoles, publiques ou privées, qui ont encouragé la production végétale ainsi que la mise en place des industries nécessaires à la collecte, la commercialisation et la transformation de la BOA tant pour des usages alimentaires (animal et humain) qu'énergétiques (exemple : production de diester ou de cultures à vocations énergétiques). Dans le même mouvement, les exploitations se sont agrandies en taille et en équipements mécaniques pour s'adapter à cette spécialisation (avec une taille moyenne des exploitations gagnant 50 hectares de 1988 à 2010, d'après le RA). Deuxièmement, le renoncement à l'élevage, du point de vue individuel des exploitants, est présenté comme un choix conduisant à de meilleurs revenus et à une organisation plus facile, car les grandes cultures industrielles sont moins chronophages et contraignantes au quotidien que l'élevage. Le NA est désormais confronté à une situation de dépendance au sentier, avec un système agricole dominant constitué de grandes exploitations bien équipées, spécialisées dans les grandes cultures et cultures industrielles, dépendantes des importations et profondément intégrées aux industries de transformation qui fournissent accessoirement des emplois importants (600 en 2015 d'après l'INSEE).

Cette évolution des activités agricoles dans le NA implique un manque substantiel de production locale d'azote organique et une dépendance aux matières fertilisantes externes, qui doivent être importées sur le territoire. La majeure partie des matières organiques produites sur le territoire est exportée, sous forme de grandes cultures, cultures industrielles et de leurs co-produits. Deuxièmement, cette domination des cultures intensives a conduit à une homogénéisation importante du paysage agricole et à un appauvrissement de la biodiversité. Troisièmement, corrélativement à la réduction de l'élevage et à la taille croissante des exploitations, la densité humaine et l'emploi agricole a diminué sur le territoire. Cela a été signalé comme un défi important pour la qualité de vie des agriculteurs et ajoute à l'inquiétude concernant les « jeunes agriculteurs prêts à reprendre » les exploitations agricoles du territoire, dans un contexte national où la succession des exploitations semble plus difficile que jamais (Coly, 2020).

Effets du développement de l'AB : concurrence accrue pour la matière organique

Le contexte du NA d'un manque prononcé de matières fertilisantes induit une situation particulière concernant le déploiement de l'AB sur ce territoire. Faiblement présente, l'AB fait cependant l'objet de divers projets de conversion et d'installation.

L'observation des dynamiques concernant l'AB démontrent que les matières fertilisantes sont des flux critiques pour les échanges circulaires et connaissent une forte concurrence d'accès, au point de donner lieu à de potentiels effets de « blocage ». C'est notamment le cas pour le fumier : l'élevage étant marginal dans le NA et les agriculteurs ayant besoin de matières fertilisantes, le fumier local est soumis à une forte concurrence.

Le fumier de ruminant est en général utilisé directement à la ferme, bien que nous ayons observé quelques échanges directs paille-fumier entre exploitations, mais seulement à l'échelle locale, principalement avec des voisins ou des membres de la famille, à travers des échanges non monétarisés. D'autres exemples observés de circulation de fumier de ruminants mettent en évidence la demande des agriculteurs qui les poussent à mettre en place des relations et des activités inhabituelles (dans le contexte actuel d'agriculture agro-industrialisée intensive). On peut citer l'exemple d'un agriculteur qui récuré souvent les étables de son voisin et « se fait payer en fumier »; ou un autre qui laboure et sème les champs d'un éleveur en échange de fumier. Ces échanges main-d'œuvre/fumier ne sont pas monétarisés et sont ancrés dans des relations de collaboration longues et souvent de voisinage entre agriculteurs.

Le fumier de volaille circule plus largement en dehors des exploitations avicoles, car la plupart d'entre elles ont des ateliers avicoles de grande taille et produisent un volume de fumier plus important que celui nécessaire à l'amendement de leurs cultures. On observe quelques échanges monétarisés paille-fumier de volailles via des entreprises de travaux agricoles, qui offrent des services de nettoyage et de transport du fumier, car elles disposent de l'équipement mécanique adéquat, parfois trop cher pour les aviculteurs. En proposant ce service, ces entreprises récupèrent du fumier pour leur propre besoin et aussi parfois pour pouvoir le revendre – elles ajoutent ainsi à leur panel un service de fourniture de fumier, ce qui est une stratégie de différenciation forte.

La concurrence est particulièrement forte pour le fumier de volaille biologique. Les cultures biologiques se développent moins dans le NA que dans d'autres régions de la France, mais se développent néanmoins, et le fumier biologique est essentiel à leur équilibre économique. Le fumier biologique est si rentable que les agriculteurs qui n'utilisent pas toute leur production préfèrent le vendre plutôt que l'épandre dans des champs non biologiques. Une interdiction locale a même été mise en place pour empêcher l'utilisation de fumier biologique dans les champs non biologiques, pour protéger la ressource pour le développement de cultures biologiques. Lorsqu'il est disponible sur le marché local, le fumier biologique fait l'objet d'une très forte concurrence. En effet, deux agriculteurs qui convertissent l'ensemble de leurs terres en AB ont sécurisé leur approvisionnement en fumier en contractant pendant 10 ans (en quantité et en prix) tous les ateliers avicoles biologiques existant sur le territoire. Cette contractualisation limite la possibilité pour d'autres agriculteurs du territoire de se convertir à l'AB ou pour de nouveaux agriculteurs biologiques de s'installer. Comme ils l'ont dit, ils ne savent pas « comment vont faire les autres agriculteurs qui passeront à l'agriculture biologique », car ils « ont sécurisé et verrouillé tout le fumier bio à 50 km à la ronde ». Cette tension sera d'autant plus forte si la réglementation consistant à pouvoir utiliser les effluents des élevages conventionnels est abrogée. Une piste d'approvisionnement local pourrait alors être d'utiliser certains digestats de méthaniseurs, mais nous n'avons pas connaissance du statut d'usage en AB pour l'instant.

Sans un changement significatif de ce régime dominant de déséquilibre culture-élevage, la concurrence autour du fumier en tant que flux critique restera importante. Il apparaît alors que l'absence ou le faible volume de flux stratégiques est un enjeu qui s'ajoute aux faiblesses structurelles du métabolisme agricole du territoire. Plus encore, ce manque freine le déploiement de certaines pratiques agricoles comme l'AB, et grève donc la durabilité globale du métabolisme et sa contribution à la transition écologique.

4.3.1.2. L'influence des initiatives institutionnelles sur le métabolisme des BOA dans la Vallée de la Drôme

Cette diminution de l'élevage et développement de l'AB menant à des déséquilibres de matières organiques se retrouvent également dans la VDD (Gabriel, 2021), avec toutefois un maintien plus important de l'élevage notamment en zone de montagne (malgré les difficultés liées au changement climatique et à la prédation) et un déploiement de la filière volaille en plaine, et un développement de l'AB bien plus ancien (années 70). Afin de resituer ces évolutions métaboliques dans la VDD, nous avons cherché à comprendre en quoi elles étaient reliées aux projets de territoire qui se sont succédés. En analysant les documents en lien avec ces projets, qu'il s'agisse des documents déposés lors d'un appel à projet pour obtenir des financements, ou des bilans de ces mêmes projets, nous avons cherché à reconstituer la façon dont les acteurs se pensent et pensent leur territoire, et la place qu'y prennent les dynamiques agricoles et les questions écologiques (annexe 1). Les intercommunalités de la VDD se retrouvant impliquées par ces deux questions, vont progressivement faire le lien entre questions agricoles et questions écologiques. Cette façon de se penser à des effets sur l'évolution des pratiques agricoles et a une influence sur le métabolisme des BOA, sur ce qui circule, en quelles quantités, et entre les points de départ et d'arrivée de ce qui circule dans la VDD. Nous identifions trois grandes périodes pour resituer ces évolutions.

1971-1989 : modernisation de l'agriculture et naissance de l'AB

Si les années 1970 et 1980 sont essentiellement marquées par la « modernisation » de l'agriculture, des pratiques et moyens qui lui sont alloués, les conséquences en termes de métabolisme montrent une dépendance accrue vis-à-vis de l'extérieur, qu'il s'agisse des intrants et de la mécanisation, que des débouchés extérieurs. Cela se traduit notamment par un accroissement des rejets dans un environnement de proximité avec lequel se réduisent les symbioses et les bouclages de flux. Le risque est d'observer une dégradation des ressources patrimoniales au profit d'une agriculture de moins en moins contextualisée et qui s'industrialise et se massifie au détriment du socio-écosystème local. La VDD commence également à être une terre d'accueil de paysans néo-ruraux en AB à partir des années 70 (Sencébé, 2002). Ils s'installent principalement dans le Diois et s'impliquent fortement dans les organisations agricoles locales (Polo et Veyron, 1982). Durant les années 1970-1980, l'AB se développe aussi par la conversion d'agriculteurs locaux à l'AB, principalement sous l'impulsion de la maison Lemaire-Boucher (Tual, 2011), mais n'est ni à l'agenda des politiques ni dans les programmes d'action des différents acteurs agricoles locaux (Madelrieux et al., 2018).

1989-2010 : structuration de collectifs et stratégies territoriales autour de l'AB

D'autres programmes ont été analysés entre 1989 et 2005 (le Programme Intégré Méditerranéen, le Programme opérationnel de Développement des Zones Rurales, le Programme Intégré de Développement de l'Agriculture Biologique, le début du projet Biovallée). De l'ensemble de ces projets, nous souhaitons ici faire ressortir un basculement progressif vers une écologisation de l'agriculture, mouvement qui se concrétise en 2005 avec l'obtention du statut de Pôle d'Excellence Rurale pour Biovallée. A partir des années 1990 le discours porté par les acteurs dépasse la modernisation de l'agriculture selon le modèle conventionnel, pour accorder une place croissante à l'AB, avec la filière PPAM qui occupe une place centrale dans la dynamique territoriale, en tant que filière à haute valeur ajoutée. Les structurations de l'AB sont multiples sur cette période, au niveau des filières, d'associations d'agriculteurs, des communautés de communes (Madelreux et al., 2018). L'AB ainsi mise à l'agenda d'un ensemble d'acteurs, devient progressivement un élément structurant d'une vision plus large du développement (Girard, 2012). L'accélération de ce mouvement va se faire avec l'émergence du projet de « Biovallée » à la fois en tant que projet de long terme et que marque déposée.

2010-2020 : de l'AB à une transition écologique et énergétique du territoire

A partir du grand projet Rhône Alpes (2010-2014) « Biovallée », les objectifs affichés sont de plus en plus ambitieux en matière de conversion à l'AB. Ils touchent également le domaine de la consommation d'énergie. La réflexion intègre bien plus de dimensions, la vision que les acteurs ont, et se font, de leur territoire, s'enrichit et embrasse davantage d'enjeux. Certaines faiblesses sont identifiées et notamment la fragilité des dissensions entre intercommunalité, ainsi que la disponibilité en eau liée au changement climatique et usages actuels. Dernier point que nous pouvons soulever ici, celui de la part de plus en plus élevée de la distribution en circuit court, qui permet de favoriser une meilleure rencontre entre production locale et demande locale, en dehors des relations de pouvoirs particulièrement asymétriques entre producteurs et grande distribution d'une part, entre ceux-ci et les consommateurs d'autre part.

La période présente est le résultat d'une succession d'opportunités de financements obtenus afin de soutenir la dynamique territoriale. Depuis 2019, et l'obtention du statut de Territoire d'Innovation de Grande Ambition et d'importants financements, les objectifs sont alors de : réduire les distances ; atteindre une autonomie énergétique ; diminuer significativement les émissions de gaz à effet de serre ; amplifier le développement économique inscrit dans la transition écologique et énergétique, (ex. conversion agro-écologique des activités agricoles) ; structurer un Pôle d'innovation rurale et de formation précurseur, ancré dans les pratiques des acteurs du territoire ; structurer une gouvernance dynamique et participative du territoire. Ce projet vise ainsi à renforcer l'autonomie alimentaire, mais également énergétique. Quant aux objectifs de réduction des empreintes environnementale et énergétique, ils se retrouvent à de nombreux niveaux : réduction des flux de personnes, de marchandises ou de déchets, accroissement des pratiques agro-écologiques en agriculture...

Le futur du territoire se lit ainsi dans les prospectives régulièrement produites par les institutions de la VDD (les communautés de communes et l'association des acteurs de Biovallée) afin de pérenniser ces soutiens.

4.3.2. Le métabolisme pour décrypter les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie institutionnelle : illustration dans le Nord de l'Aube avec le déploiement de la méthanisation

L'intérêt de l'approche métabolique apparaît particulièrement lorsqu'il s'agit de pouvoir décrire et comprendre les évolutions en cours, et la façon dont elles pourraient affecter durablement les flux et fonds structurant le métabolisme agricole d'un territoire, dans son fonctionnement et sa soutenabilité. L'actuel déploiement des projets de méthanisation agricole dans le NA est un exemple particulièrement parlant. Il existe actuellement une vingtaine de méthaniseurs agricoles (utilisant la digestion anaérobie) en activité ou en projet sur le territoire, suite à une augmentation très récente. Certains de ces méthaniseurs sont en partie approvisionnés par du fumier, mais la plupart dépendent principalement des cultures végétales, avec un ajout quasi systématique de co-produits de l'agro-industrie (pulpes, drèches, son...). Le nombre croissant de méthaniseurs induit des changements dans l'allocation des flux de BOA et des terres productives, que nous décrivons ici.

Cultures intermédiaires pour méthaniseurs : modification des flux et changements dans les assolements

Le développement récent du biogaz agricole dans le NA, et les incitation publiques ou privées qui l'accompagnent, implique deux types de modification des flux de BOA qui pourraient impacter fortement le métabolisme agricole. Premièrement, pour les digesteurs existants, la plus grande partie des cultures intermédiaires sont récoltées pour l'approvisionnement des digesteurs et une moindre quantité est directement restituée au sol – qu'il s'agisse de cultures intermédiaires piège à nitrates ou à vocation énergétique. Deuxièmement, depuis que la France a établi en 2016 un plafond réglementaire de 15 % pour l'utilisation des cultures principales en méthanisation, nous observons une tendance à l'allongement du temps de culture des cultures intermédiaires au détriment des principales. L'abandon d'une culture principale pour une autre, afin d'avoir des cultures moins chronophages sur les champs est statistiquement significatif - par ex. la superficie consacrée au blé (9 à 10 mois dans les champs) diminue, remplacée dans l'assolement par de l'orge brassicole de printemps (6 mois dans les champs). Cependant, la pratique la plus courante dans le NA est de récolter une céréale immature, considérée comme la culture principale ; et semer du maïs, qui est donc considéré comme une culture intermédiaire, qui sera utilisé en totalité dans les digesteurs. Au fur et à mesure que les cultures intermédiaires deviennent plus précieuses que les cultures principales, les pratiques culturales et les assolements changent. De plus, le développement actuel du maïs dans le NA nécessite davantage d'irrigation que les céréales à paille, et pourrait s'il se développe massivement induire des problèmes de pénurie d'eau dans un territoire où ils n'ont jamais existé.

Cependant, à l'échelle individuelle, la mise en place de digesteurs (individuels ou collectifs) est très intéressante. D'abord financièrement, car elle sécurise des revenus sur 10 ou 15 ans par un contrat avec un distributeur de gaz sur le volume et le prix d'achat - elle fournit actuellement, en 10 ans, plus que l'investissement initial dans le méthaniseur, même si les exploitants en

savent peu sur les besoins (financiers) d'entretien pendant cette période. Les cultures énergétiques offrent par conséquent une rentabilité économique plus régulière que les grandes cultures ou les cultures industrielles, puisque les revenus générés ne sont pas affectés par l'instabilité des prix sur les marchés mondiaux pendant au moins 10 ans. Ainsi, produire du biogaz agricole est une activité de diversification recherchée par les agriculteurs, qui mettent en place des collectifs pour la mise en œuvre et l'alimentation de méthaniseurs. Cet intérêt économique apparaît comme le point le plus important, et est souvent mentionné comme un moyen de mettre en place de nouvelles activités sur l'exploitation et de renforcer son existence.

Des préoccupations apparaissent également à l'échelle de la chaîne de valeur : le développement de la méthanisation agricole va organiser une modification importante des flux BOA et la réduction de certaines cultures sur lesquelles reposent des industries du territoire. Premièrement, cela signifie que les flux collectés et transformés par ladite industrie pourraient diminuer et affaiblir la rentabilité des installations existantes. Deuxièmement, ce développement suscite des inquiétudes diverses, quant aux impacts sur la qualité de l'eau et sur la biodiversité des sols liés à l'épandage des digestats, et à l'acceptabilité sociale de cette activité (développement de cultures non-alimentaires, nuisances potentielles subies par le voisinage). De plus les tendances actuelles des innovations techniques dans la production d'énergie suggèrent que les outils de méthanisation pourraient être rapidement mal dimensionnés et peu compétitifs.

Allocation des flux existants dans les méthaniseurs à l'échelle territoriale : la question de la disponibilité

Les modifications dans les assolements induites par la montée en puissance de la méthanisation impliquent pour les agriculteurs une restructuration de leurs liens métaboliques, et au niveau territorial, recomposent l'allocation à la fois de l'usage des sols et des flux de BOA produits. En particulier, certains co-produits qui étaient utilisés, mais pas particulièrement recherchés avant le développement de la bioéconomie, sont actuellement indispensables à l'équilibre agronomique et à l'économie de certains digesteurs. Nous avons observé deux exemples de digesteurs reposant sur d'autres intrants que les cultures intermédiaires. Le premier est un digesteur mis en place par la coopérative régionale multi-produits, qui utilise les déchets de récolte et de stockage. Le second est un digesteur collectif, mis en place par quelques éleveurs de porcs, qui utilise le fumier de porc comme principal intrant et le digestat pour la fertilisation. Ces méthaniseurs ne nécessitent qu'une proportion limitée de cultures énergétiques, et fonctionnent principalement avec des co-produits issus d'une papeterie voisine et des déchets de quelques industries locales de transformation de légumes. Ce type de valorisation de la biomasse par utilisation en cascade est exemplaire pour le récit dominant de la bioéconomie, et profite en effet à toutes les parties, tout en renforçant l'existence de la production associée (porcs) ou de l'activité (transformation industrielle) des cultures et du bois, à la fois financièrement et d'un point de vue environnemental. Un questionnement est néanmoins systématiquement présent, tant pour les termes « déchets de récolte et de stockage » que pour « co-produits et déchets des industries ». Il concerne les définitions des termes déchets et co-produits, dont les périmètres d'inclusion des BOA sont très variables en fonction des acteurs concernés. De plus, à l'échelle territoriale, ces développements impliquent une captation importante des ressources, qui ne sont plus disponibles pour d'autres usages, y compris d'autres digesteurs. Il n'existe pas d'autre acteur industriel sur le territoire qui pourrait fournir les mêmes flux de co-produits, tandis que la concurrence s'intensifie pour les intrants en méthanisation, ce qui signifie que les nouveaux méthaniseurs s'appuieront davantage sur les cultures intermédiaires, renforçant les effets décrits précédemment. Enfin, bien que cet aspect ne soit pas un sujet central dans le projet Boat, il convient de noter que cette évolution implique un détournement des flux de l'alimentation vers l'énergie.

Impacts indirects et associés du développement du biogaz agricole sur d'autres chaînes de valeur et à l'échelle territoriale: un exemple d'enchevêtrement

Cette recomposition des liens métaboliques à l'échelle locale implique des impacts indirects et associés pour les autres filières du territoire, impacts qui passent notamment par l'enchevêtrement des filières fournissant les outils de transformation. L'exemple le plus frappant est celui de la production et utilisation de la luzerne, touché par les recompositions que le déploiement de la méthanisation entraîne.

Dans le NA, une production de luzerne existe depuis les années 1970, avec deux avantages principaux : en tant que légumineuse elle apporte de l'azote au sol, et c'est un aliment pour animaux riche en protéines. La luzerne fait partie des assolements pour les exploitations agricoles qui ont du bétail, mais aussi pour les exploitants n'ayant que des cultures, et sa part dans l'assolement peut être assez élevée, du fait des revenus stables associés. En effet, le régime actuel de la PAC subventionne la luzerne pour son avantage agronomique, et des déshydrateurs locaux ont été mis en place pour permettre la commercialisation de luzerne déshydratée, principalement hors du territoire. Si les éleveurs utilisent leur luzerne à la ferme, la déshydratation est essentielle à la rentabilité de cette culture pour les agriculteurs. Mais la rentabilité économique de ces déshydrateurs repose en grande partie sur un autre produit : la pulpe de betterave surpressée, qui est un co-produit présent en abondance sur le territoire. La pulpe surpressée est un co-produit recherché pour l'alimentation du bétail car elle peut remplacer partiellement le maïs dans les rations, et les betteraviers qui ont du bétail récupèrent près de 30 % de la pulpe produite par les sucreries du territoire. La pulpe de betterave étant humide, elle est coûteuse à transporter et à stocker, d'où l'intérêt économique de la déshydratation. Actuellement, ce sont 350000 à 400000 tonnes de pulpe de betterave par an et 100000 tonnes de luzerne qui sont déshydratées dans le NA à des fins d'exportation de ces matières premières de l'alimentation animale.

Cependant, avec le développement récent des méthaniseurs, une concurrence pour l'accès à la pulpe surpressée se développe, d'autant plus que la méthanisation est particulièrement attrayante pour les producteurs de betteraves qui n'avaient pas d'utilisation de leur pulpe.

On observe une augmentation de l'utilisation de pulpe surpressée comme intrant pour les méthaniseurs, qui soulève des inquiétudes quant à la possibilité qu'un débit important échappe aux déshydrateurs et compromette leur équilibre économique. L'importante consommation d'énergie du déshydrateur, alimenté notamment par du charbon sud-africain, est une autre préoccupation, mais la diminution des intrants apparaît aux agriculteurs et aux responsables des coopératives plus critique à court terme, car elle pourrait entraîner la fermeture de ces outils. Si tel était le cas, on pourrait craindre une disparition de la luzerne dans les assolements des exploitations spécialisées en cultures végétales, avec des impacts négatifs sur le renouvellement de la fertilité des sols. Paradoxalement, deux pistes sont poursuivies par les acteurs des filières de déshydratation pour perdurer et ne semblent pas s'interroger sur la fragilité des apports : la substitution du charbon par des

plaquettes de bois locales, là aussi interrogeant la durabilité d'une filière bois-énergie et la production de luzerne en AB, accompagnant ainsi certaines transitions observées dans le territoire. Mais un risque supplémentaire semble se faire jour, l'approvisionnement de méthaniseurs par de la luzerne semblant tout à fait envisageable.

4.3.3. Le métabolisme pour penser/scénariser le futur

Avec la première analyse des données recueillies et en parallèle de la mise en œuvre des ateliers prospectifs, nous avons réalisé que l'approche métabolique développée pour comprendre les évolutions passées et présentes du territoire permettait d'éclairer des futurs possibles en s'appuyant sur des tendances actuellement à l'œuvre. Ainsi, nous avons souhaité construire au sein de l'équipe des scénarios prospectifs – en parallèle, donc des scénarios produits dans les ateliers avec les acteurs. Nous présentons ici ces scénarios avant d'explicitier la méthode participative de prospective mise en œuvre.

4.3.3.1. Un essai de scénarisation prospective sur la base des tendances à l'œuvre dans le Nord de l'Aube

Aujourd'hui, le régime déséquilibré de l'agriculture du territoire apparaît globalement satisfaisant aux acteurs, et fonctionne assez bien en termes à l'emploi, de revenus agricoles, et d'organisation des exploitations agricoles : i) l'importation de matière fertilisante est bon marché et facilement accessible, avec un prix de l'énergie tendanciellement « bas » et des approvisionnements aisés en matières organiques importées et ii) le besoin de renouvellement des agriculteurs n'est pas en soi un problème, les terres susceptibles d'être disponibles sont immédiatement reprises par d'autres agriculteurs, un indicateur étant le prix particulièrement élevé de la terre arable. Mais les faiblesses mises en évidence ici pourraient favoriser l'échec de ce régime si d'autres perturbations devaient avoir lieu, comme le développement actuel de la méthanisation. Le premier scénario explore cette possibilité, tandis que le deuxième cherche à envisager les conditions d'une rupture à partir de la montée en puissance de synergies élevage-grandes cultures aujourd'hui marginale.

Scénario tendanciel : changement climatique, impasses agronomiques et poursuite du développement de la méthanisation

Premièrement, une préoccupation majeure apparaît les effets du changement climatique. Le nord de l'Aube bénéficie généralement d'une bonne pluviométrie, mais souffre depuis peu de sécheresse et d'une nouvelle répartition des pluies au cours de l'année. Depuis 2010, lorsque les températures sont particulièrement élevées au printemps, le rendement du blé et de l'orge (qui représentent tous deux plus du tiers de la surface agricole utilisée) peut être divisé par 2 - alors qu'auparavant une mauvaise année signifiait une baisse de rendement de seulement 20 à 30 %. Une autre culture de grande valeur, la pomme de terre, nécessite une irrigation pour garantir un rendement de base dans le nord de l'Aube. Deuxièmement, les agriculteurs font face à un échec direct du système de grandes cultures intensives, avec de nouvelles impasses agronomiques, où une culture ne peut plus être cultivée sur certaines parcelles en raison de la résistance aux ravageurs qui s'est développée et de l'interdiction de certains produits phytosanitaires. C'est le cas du colza, dont la production est en baisse, et cela pourrait être bientôt le cas pour d'autres cultures. Troisièmement, la betterave sucrière (13 % de la superficie agricole utilisée du nord de l'Aube) est confrontée à un marché particulièrement instable, et à la transformation importante des acteurs décisionnels. Il y a deux sucreries dans le nord de l'Aube, l'une appartenant à une coopérative locale, l'autre à une société coopérative qui opère désormais au niveau mondial. Cette coopérative a investi au cours de la dernière décennie dans la production et la transformation de la canne à sucre au Brésil, suscitant encore plus d'inquiétude lorsque les quotas européens de la betterave ont été abandonnés en 2016, et ont fait chuter le prix du sucre de betterave par rapport sucre de canne. Les prix de la betterave sucrière ne sont plus garantis et font face, tout comme le blé, aux turbulences des marchés mondiaux. Le développement de la méthanisation apparaît dans ce contexte incertain comme une source fiable de revenus.

Les changements dans le métabolisme agricole du NA dus au développement de la bioéconomie, et les signaux de futurs changements plus importants, posent les prémisses d'un scénario délétère. S'appuyant sur les effets les plus néfastes et l'enchevêtrement des filières, ce scénario pourrait se dérouler comme suit: avec une utilisation croissante de la pulpe de betterave dans les méthaniseurs, les déshydrateurs fermenteraient. La production de luzerne pourrait se maintenir ou même augmenter, en tant que culture énergétique (pour nourrir les méthaniseurs), réduisant en partie la dépendance aux engrais importés. Mais la baisse continue d'élevages (et de leurs effluents) ajouterait à cette dépendance. Avec le changement climatique et son fort impact sur la variabilité des rendements, l'émergence de nouvelles impasses agronomiques (actuellement pour le colza, mais cela pourrait affecter le blé et la betterave sucrière, comme la crise sur les néonicotinoïdes l'a illustré en 2020), les assolements s'appauvriraient, et renforceraient probablement le besoin d'engrais importés.

L'allocation des terres se déplacerait vers quelques cultures à haute valeur ajoutée qui nécessitent un approvisionnement en eau important (par exemple la pomme de terre) mais aussi vers le maïs irrigué comme culture intermédiaire à destination des méthaniseurs, mettant en péril les revenus agricoles et accroissant les effets néfastes de l'agriculture intensive sur la biodiversité et l'eau. Si l'on ajoute à cela une baisse des prix du sucre de betterave due à la concurrence du sucre de canne, les sucreries du territoire pourraient également fermer. La betterave sucrière serait valorisée directement dans les méthaniseurs (schéma déjà existant incidemment dans d'autres pays), éludant l'étape de transformation. Mais les revenus issus de la méthanisation ne pourraient profiter qu'aux agriculteurs suffisamment proches des installations des réseaux de transport de gaz (l'immense investissement nécessaire pour le réseau de distribution réduit la capacité de l'opérateur à l'étendre). Tout comme les caractéristiques agricoles, le paysage agro-industriel du nord de l'Aube changerait et subirait l'adaptation de la spécialisation des cultures vivrières à celle des cultures énergétiques, avec des zones de diversification probablement marginalisées (choisies ou imposées). Par ailleurs, pour maintenir la production de méthane agricole sur le territoire, directement (via la production végétale locale) ou indirectement (via l'importation de cultures), les acteurs locaux devront récupérer des BOA sur d'autres territoires, exportant ainsi le déséquilibre local vers d'autres territoires et augmentant potentiellement leur propres faiblesses et menaces.

Ce scénario délétère met en évidence tout d'abord le changement d'allocation de BOA de l'alimentation humaine et animale à l'énergie, et ensuite le faible degré de contrôle que les agriculteurs ont collectivement sur l'avenir de leurs productions et de leurs parts de marché. Les choix individuels, considérés d'un point de vue transversal et à l'échelle des filières ou du territoire, peuvent donc largement perturber le métabolisme agricole par la concurrence ou le conflit, ou renforcer son équilibre avec les synergies et la circularité.

Ainsi, ces résultats mettent en évidence le fait que la transformation actuelle de l'allocation des flux des BOA, du fait de leurs enchevêtrements au niveau territorial rarement remarqués et compris, pourrait conduire à une transformation profonde du métabolisme agricole et à la mise en péril de sa pérennité. Face au développement de la bioéconomie au sens institutionnel et à ses effets directs et associés sur le métabolisme socio-économique de l'agriculture, l'échelle territoriale est confrontée à un grave manque de gouvernance collective et de stratégie intégrée pour faire face aux faiblesses existantes et potentielles du territoire.

Scénario de rupture à partir de signal faible : développement de synergies actuellement marginales

Avec la prédominance des cultures sur l'élevage, le territoire est en surplus de paille et de résidus de cultures, et les effluents d'élevage sont une ressource recherchée. Dans un objectif de circularité, des échanges paille-fumier pourraient être organisés avec des territoires en surplus d'élevage et de fumier (et ayant la plupart du temps des difficultés à gérer un épandage géographiquement contraint). En effet, une petite partie de la paille produite dans le nord de l'Aube est vendue, par l'intermédiaire de courtiers (eux-mêmes souvent agriculteurs), vers des territoires où les effluents d'élevage abondent, comme des départements français proches, ou la Belgique et les Pays-Bas. Cependant, cela représente une part minime et la plupart de la paille et des résidus de récolte sont utilisés localement. À l'échelle locale, le besoin des éleveurs en paille est faible et déjà satisfait pour la plupart : la plupart des exploitations d'élevage sont également des exploitations céréalières, et leur paille et leur fumier trouvent une utilisation directe et circulaire à la ferme. Seuls quelques échanges circulaires paille-fumier en dehors de l'exploitation existent, et ne devraient pas se développer en raison de la faible présence locale de l'élevage. La majeure partie de la paille produite dans le nord de l'Aube est déchiquetée et restituée au sol - cette pratique ajoute de la fertilisation au sol, mais la paille déchiquetée nécessite un supplément d'azote et toute la décomposition prend quelques années. Dans la vision dominante de la bioéconomie, le retour au sol de la paille n'apparaît pas comme une valorisation suffisante de cette ressource, mais les utilisations biochimiques et non agricoles de la paille sont rares. Le principal avantage de la pratique du retour au sol est qu'elle est facile et peu coûteuse. Dans un cas, l'équipe de recherche a même appris que parfois, vendre la paille à un courtier en dessous de la marge de profit coûte toujours moins cher que l'essence et la main-d'œuvre pour la déchiqueter correctement. Depuis quelques années, un éleveur ovin organise le pâturage des cultures intermédiaires d'un autre agriculteur par son troupeau, à un stade de croissance des plantes qui leur permet de repousser après le pâturage. Cette circularité des matières (organisée à travers le troupeau ovin) est positive pour les deux parties, principalement la fertilisation des cultures par des déjections animales *in situ* qui évite une perte de temps et de main-d'œuvre, en échange d'une ration d'automne ou de printemps gratuite pour le troupeau. Cet échange permet également le désherbage des cultures, l'atténuation de la présence de certains ravageurs et une réduction potentielle dans l'utilisation de produits phytosanitaires. Même s'il s'agit d'un signal faible - un cas, connu comme le seul de notre échantillon d'agriculteurs, sachant que ces pratiques se développent dans des régions similaires - cet échange circulaire est également utile pour la durabilité de ces exploitations, et de plus considéré comme tel par d'autres agriculteurs.

En effet, plusieurs industriels et agriculteurs ont indiqué qu'ils étaient conscients des effets du déséquilibre culture-élevage et de la nécessité de réintroduire de l'élevage sur le territoire. Ils ont cependant insisté sur le fait qu'ils ne souhaitent pas eux-mêmes développer de l'élevage, mais qu'ils pourraient aider à l'installation d'un éleveur dans leur voisinage. L'élevage ovin est en effet mal réputé sur le territoire, car il est fortement associé à l'image d'une agriculture, avant modernisation, à faible revenu. De plus, l'élevage est une activité qui demande beaucoup de temps et de main d'œuvre, toute l'année, au quotidien notamment en comparaison du suivi des grandes cultures. Un éleveur de moutons a indiqué que même s'il aimait son métier, il s'est en fait avéré heureux que ses enfants lui annoncent ne pas vouloir reprendre son exploitation, car il ne voulait pas qu'ils vivent cette « vie difficile ». En somme, tout le monde est pour l'élevage, mais chez le voisin... La baisse continue de bétail sur le territoire va apparemment se poursuivre, à moins que de nouvelles possibilités ne surgissent pour mettre en place un élevage ovin - l'idée de l'emploi d'un berger par un collectif d'exploitants a été évoquée en entretiens.

La montée en puissance de telles synergies permettrait donc de remédier partiellement au déséquilibre existant sur le territoire, et d'assurer la soutenabilité de l'agriculture tout en réduisant sa dépendance aux engrais importés. L'introduction d'ateliers d'élevage pourrait aussi aider à augmenter la biodiversité par des rotations agricoles diversifiées et par une valorisation améliorée de certaines zones délaissées car trop peu rentable pour les grandes cultures. A cela s'ajoute que les effluents d'élevage sont des éléments facilitateurs du développement de l'AB. Enfin, l'élevage induit la présence d'humains auprès des animaux, et par conséquent un maillage important d'élevage pourrait aider à stopper la désertification observée depuis des années. Cela impliquerait cependant un changement fondamental dans les perspectives actuelles d'installations agricoles. Une piste pourrait être non pas l'installation, mais l'emploi de salariés pour les ateliers d'élevage, comme cela est proposé pour les bergers. Cela paraît tout à fait envisageable, les exploitations agricoles du NA ayant pour nombre d'entre elles des surfaces économiques importantes et l'habitude de créer des entreprises au sein de leurs fermes ou à l'échelle de petits collectifs.

4.3.3.2. Ateliers prospectifs menés dans le Nord de l'Aube

L'objectif était d'élaborer une méthodologie de prospective territoriale et de construction de scénarii, ainsi que de mettre en œuvre cette prospective. Dans le NA, cette prospective territoriale a été conduite grâce à la construction d'une méthode visant à l'organisation de 3 ateliers complémentaires auprès de 2 groupes d'acteurs.

Construction de la méthode de prospective territoriale et d'élaboration de scénarii

Il s'est agi de développer une méthodologie d'élaboration de scénarii territoriaux à partir des résultats obtenus grâce à la caractérisation des BOA d'une part, et la détermination des empreintes énergétiques, environnementales et socio-économiques relatives aux activités de gestion et valorisation des BOA d'autre part. Le déploiement de cette méthodologie a été conduit en interaction avec les acteurs impliqués localement dans la gestion et valorisation des BOA tout au long du projet, et notamment la chambre d'agriculture de l'Aube et les « chefs de files » des principales filières agricoles du territoire. Ce sont ces personnes contact qui nous ont permis d'élaborer le panel d'acteurs à interroger pour les enquêtes de terrain préalable, ainsi que d'identifier les acteurs constitutifs des ateliers organisés dans le cadre des ateliers prospectifs.

L'objectif des ateliers n'étaient pas d'apporter des solutions opérationnelles à partir d'une analyse, mais de fournir des éléments et étapes de réflexion propices à la co-construction, avec les acteurs du territoire, d'une vision inter-filières souhaitée et de pistes d'actions pour l'atteindre. Même si le territoire défini pour la collecte des données qui ont été nécessaires à l'élaboration du diagnostic territorial, correspond à une liste précise de communes du Nord de l'Aube, les entretiens ont été réalisés sur un périmètre plus large, et les résultats de ces ateliers sont valables à l'échelle du territoire vécu par les personnes interrogées et par les participants aux ateliers.

Les acteurs d'un territoire sont reliés entre eux, ils partagent le même environnement et le même contexte, avec son lot de contraintes et d'opportunités. Pourtant les stratégies individuelles peuvent diverger et influencer sur celles des autres de façon plus ou moins importante selon les outils à disposition. Tous ne regardent pas dans la même direction, tous ne sont pas dotés des mêmes outils. Les ateliers de réflexion prospective visaient à partager un certain nombre d'éléments de diagnostic, à s'accorder sur une vision commune, et à définir une stratégie collectivement permettant de s'y rendre tout en ayant conscience d'un certain nombre d'éléments de contexte susceptibles de constituer des menaces ou des opportunités.

La méthode d'ateliers de réflexion prospective proposée dans le cadre du projet Boas dans le NA s'est appuyée sur 3 étapes (3 ateliers de 2 heures environ), organisées auprès de 2 groupes d'acteurs. Le premier, dit « territoire », comprend des membres de la chambre d'agriculture, des représentants des collectivités territoriales et le club d'écologie industrielle de l'Aube. Le second, dit « filière » comprend des représentants des outils de transformation et des organismes stockeurs. Les deux groupes comptent également des agriculteurs. Les ateliers ont réuni entre 3 et 6 participants à chaque fois avec un objectif de continuité dans les acteurs présents pour assurer la progression dans la réflexion et l'exercice de prospective. Cependant, les contraintes d'agenda des uns et des autres n'auront pas toujours permis d'avoir cette continuité. Ainsi, afin que chacun puisse venir à un atelier même s'il n'avait pas participé au précédent, des comptes rendus suffisamment complets ont été élaborés pour permettre à chacun de raccrocher la dynamique.

Atelier 1 – Validation et partage du diagnostic

L'objectif de la première rencontre vise à présenter le diagnostic relatif à la gestion des BOA (proto-métabolisme et premières consolidations, voir annexe 6). Il s'agit d'un premier temps fort d'interactions avec les acteurs du territoire et des filières, de discussion de la caractérisation de la gestion actuelle des BOA et de ses empreintes, afin de saisir les dimensions mises en discussion, les points qui font débat et les jeux d'acteurs, et de les intégrer à la consolidation du métabolisme et à la construction des scénarii futurs.

Les données du diagnostic ont été présentées à trois échelles : territoire agricole, filières et exploitations. En effet, il est intéressant de mettre en évidence le fait que des choix opérés au niveau d'une exploitation (selon une certaine rationalité), puisse avoir des impacts positifs ou négatifs sur la ou les filières dans lesquelles la production s'inscrit, et plus globalement au niveau du territoire. Et inversement des décisions prises au niveau des filières par exemple peuvent avoir des conséquences pour les exploitants. A chacune des échelles, les participants ont été invités à débattre, compléter et valider les données d'une part, et à faire émerger les enjeux du territoire répartis en trois catégories d'autre part : i) problèmes à résoudre ; ii) atouts à conserver ; iii) opportunités à saisir (annexe 7). Lorsque la discussion l'a permis, la raison pour laquelle le sujet est un enjeu, ses conséquences et de potentielles solutions de mises en œuvre ont également été précisées par les acteurs. Il a résulté de ces deux premiers ateliers menés en parallèle (atelier « territoire » et atelier « filière ») deux listes d'enjeux partagés par les participants et permettant d'identifier les déterminants à prendre en compte, les contradictions possibles et les hypothèses à considérer pour construire une vision (atelier 2) et des pistes d'actions souhaitables (atelier 3).

Atelier 2 – Construction d'une vision partagée

L'exercice de prospective territoriale s'est poursuivi en demandant aux acteurs de formuler la façon dont ils voient aujourd'hui le futur de leur territoire, mais également la dynamique qu'ils souhaiteraient voir s'enclencher et à laquelle ils souhaiteraient participer concernant la gestion et valorisation des BOA. De ces échanges ont émergé plusieurs visions de l'avenir des activités du territoire au sens large (et non pas seulement l'avenir des activités de gestion et valorisation des BOA stricto sensu).

Dans un premier temps, la démarche a été illustrée par la présentation de trois prospectives réalisées sur l'agriculture mondiale européenne et française à horizon 2050¹⁰. L'objectif n'était pas d'amener les participants à débattre de ces scénarios ou à s'en inspirer, mais bien de comprendre qu'en fonction de l'auteur de la prospective et des objectifs visés, les scénarios peuvent être assez contrastés. Les participants ont ensuite été invités à construire leur vision souhaitée et plausible de l'agriculture dans le NA à horizon 2050. La construction de la vision s'est déroulée en 4 temps :

1) Définition des éléments de contexte pour la projection à 2050

Ces éléments ont été introduits d'une part par l'équipe d'animation comme éléments cadres de l'exercice. Il s'agit d'éléments plausibles compte tenu de la projection à l'horizon 2050 des tendances actuelles : i) les perturbations liées au changement climatique s'accroissent et induisent une incertitude encore plus grande dans la variabilité des rendements et une baisse

¹⁰ 1) AgrimondeTerra (INRAE-CIRAD) : usage des terres et sécurité alimentaire mondiale à l'horizon 2050 – prospective réalisée par des chercheurs ; 2) TYFA (IDDRI) : scénario pour l'agroécologie à l'horizon 2050 en Europe- think tank développement durable ; 3) Agri 2050 (CGAAER) : agriculture et forêts françaises en 2050 : scénarios pour éclairer l'action politique- prospective réalisée par le Ministère en charge de l'agriculture.

saisonnaire de la disponibilité de l'eau ; ii) les effets de la pénurie des énergies fossiles jouent déjà à plein et « le litre d'essence est à 800 EUR » ; iii) les dangers sanitaires sont de plus en plus grands avec une transmission géographique plus rapide des zoonoses et autres maladies d'élevage, une modification des seuils climatiques qui limitent habituellement le développement de certains parasites et une explosion de certaines populations de ravageurs.

D'autre part, des éléments de contexte ont également été introduits en complément par les participants concernant la politique agricole, l'évolution de la réglementation environnementale, des marchés mondiaux, du régime alimentaire et de la démographie urbaine/rurale (annexe 8 : comptes rendus de l'atelier 2).

2) Définition des valeurs qui cadrent la vision de l'agriculture dans l'Aube à l'horizon 2050

Il s'agissait, pour les participants, de décrire les valeurs qui orientent et structurent leur vision du système de gestion et valorisation des BOA du NA à horizon 2050.

3) Description du système de gestion et valorisation des BOA

A ce stade, les participants ont été invités à se détacher des problématiques actuelles de l'agriculture pour décrire le système de gestion et valorisation des BOA du NA en 2050 via différentes questions et relances des animateurs afin de les amener à évoquer l'ensemble des éléments déterminants de ce système. L'objectif était de décrire un système souhaitable/idéal dans le contexte défini précédemment mais sans questionner la transition entre la situation actuelle et cette vision. Les éléments discutés entre les participants ont été retranscrits dans les comptes rendus (annexe 8). Certains points ont fait consensus, pour d'autres les avis sont restés mitigés. Une attention particulière a été portée dans la formulation des comptes rendus afin de restituer fidèlement les différents avis.

Les déterminants retenus pour la description du système de gestion et valorisation des BOA sont les suivants, concernant :

- les exploitations agricoles : gouvernance et propriété du foncier ; taille (SAU) ; gouvernance et propriété du matériel ; gouvernance de l'exploitation (familiale, agribusiness, provenance des investissements (banques, privés, citoyen /solidaire/coopératifs) ; emploi agricole ; le métier d'agriculteur (hyperspécialisation / diversification / pluriactivité : vente à la ferme, agri tourisme, etc.) ; provenance des revenus, ...
- la production agricole : spécialisation ou diversification des productions ; type de pratique en système de culture (conventionnel, agriculture de conservation, biologique) ; type de pratique en système d'élevage ; intrants et fertilisation des sols ; qualité des productions agricoles (label, HVE, bio, niches, tout venant...) ; gestion des ravageurs / zoonoses ; utilisation / gestion de l'eau ; génétique, innovations techniques et technologique (smart agriculture).
- l'organisation des filières : quelle maîtrise des circuits de mise en marché ; quels outils de transformation ; quels organismes stockeurs ; formes d'échanges (circuits longs/courts, local / régional / mondial) ; formes de gouvernance des échanges (coordination de long terme type coopérative, contrats courts, autonomie-dépendance aux marchés) ; clientèle visée et volume/produit correspondant.
- l'agriculture et son territoire : les outils de transformation du territoire (type, gouvernance) ; les outils de collecte du territoire (type, gouvernance) ; les relations entre filières ; la gestion de la concurrence ; la gestion des co produits / résidus ; la gouvernance agricole du territoire (chambre, syndicats, réseaux) ; la population rurale / démographie rurale ; le rôle social de l'agriculteur / relations avec la société civile ; la recherche et formation.
- l'énergie : besoins, provenance, type d'énergie, production.

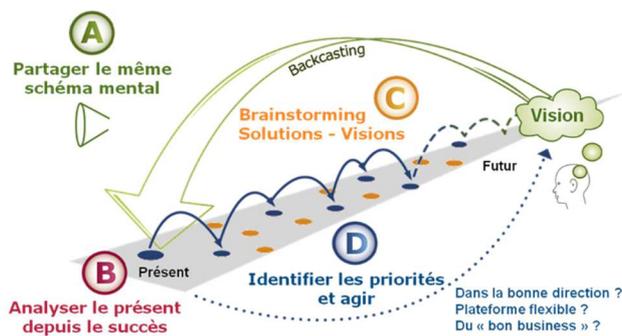
Une heure environ était consacrée à ce troisième temps, ce qui reste relativement court pour aborder l'ensemble de ces déterminants. La projection n'est pas un exercice facile et les participants ont eu des difficultés à ne pas simplement envisager le prolongement de tendances actuelles, qu'il s'agisse d'éléments souhaitables ou non. Pour contrer cette difficulté, nous leur avons conseillé de commencer leurs phrases par « En 2050, j'aimerais que ... » et de s'exprimer très concrètement sur les différents déterminants. La liste ne leur a pas été présentée explicitement car nous ne voulions pas les influencer. Les participants ont plutôt été amenés à s'exprimer librement via des questions semi-ouvertes posées par les animateurs qui au fur et à mesure des débats posaient des questions sur les déterminants non encore abordés.

4) Formulation synthétique de la vision

Au cours de ce dernier temps d'atelier, l'objectif était de refermer le débat en formulant un court paragraphe correspondant à la vision. Il s'agissait pour les participants de s'accorder sur les principales idées structurantes, les mots clefs, les valeurs essentielles et consensuelles. L'objectif de formulation a été atteint.

Atelier 3 – Retour à l'action

A partir des visions développées dans les deux ateliers 2, il est possible de faire émerger des projets de territoire, dont il conviendra ensuite d'évaluer les conséquences en termes d'évolutions des usages des sols et des BOA, des systèmes d'acteurs, des relations entre eux et entre filières, des empreintes énergétiques, environnementales et socio-économiques, en vue de réfléchir aux arbitrages collectifs pour développer une stratégie de développement durable. En raison du retard pris dans le déroulement des ateliers dans la dernière année du projet, à cause des deux vagues successives de confinement, ces ateliers n'ont pas pu être tenus. Ils le seront dès que possible. L'atelier 3 sera mené en 3 temps et s'appuiera sur une approche de « backcasting », et plus précisément de l'approche TNS (The Natural Step, figure 11) dont nous nous inspirerons :



Source : www.thenaturalstep.org

Figure 10: Principes de la démarche TNS

1) Validation, consolidation et évaluation des visions issues de l'atelier 2

Il s'agira pour chacun des groupes « territoire » et « filière », de revenir sur la vision définie lors de l'atelier précédent, de discuter des éventuels contradictions induites par cette vision et de fournir des éléments d'évaluation afin de consolider et valider les visions.

2) Construction d'un plan d'action

L'atelier 2 a permis de définir une vision partagée et un ensemble d'éléments de contexte et de structuration de ce que sera l'agriculture dans le NA à l'horizon 2050 (concernant l'organisation des exploitations, le métier d'agriculteur, l'organisation et la gouvernance des filières et plus globalement l'organisation et la gouvernance du territoire agricole). Ces éléments, ajoutés aux 4 principes TNS constitueront les principes de cadrage dans la co-construction du plan d'action à court, moyen et long terme. L'idée de l'approche TNS est de dire qu'on ne peut pas définir un scénario complet permettant d'atteindre de manière directe la vision partagée, ne connaissant pas aujourd'hui quelles seront les technologies disponibles en 2050 par exemple, ou encore l'état des écosystèmes naturels, la politique agricole, l'organisation des marchés, etc. Par contre, les principes de cadrage (issus des éléments déterminants définis à l'atelier 2) constituent les « bords de l'entonnoir ». Ainsi, proposer des actions qui sont en phase avec ces éléments garantissent de rester à l'intérieur de l'entonnoir et de tendre ainsi vers la vision souhaitée. Ce second temps de l'atelier consistera donc à présenter les éléments de cadrage aux participants d'une part, puis à les amener à proposer des actions qu'ils inscriront individuellement sur des post-it et qu'ils placeront sur une frise temporelle.

3) Vers un plan d'actions co-construit

Au cours de ce dernier temps, les participants pourront se déplacer le long de la frise et prendre connaissance de l'ensemble des actions proposées. Au préalable, les animateurs auront réorganisé les actions afin de les regrouper par déterminant. Les participants évalueront les actions proposées en collant une pastille verte sur le post-it s'ils trouvent l'action pertinente, rouge s'ils sont en désaccord, ou orange si l'avis est mitigé. Cette étape permet de générer un consensus autour d'un plan d'action co-construit et indirectement consolidé collectivement grâce aux pastilles de couleurs. Les idées n'ayant pas fait consensus seront discutées et in-fine mises de côté si le consensus n'est pas obtenu.

Le projet Boat a permis d'initier une dynamique intéressante au sein du NA, avec les acteurs de la gestion et valorisation des BOA (agriculteurs, chambre d'agriculture, collectivités, représentants des outils de transformation des principales filières et des organismes stockeurs). Ces acteurs ont participé aux entretiens, puis aux ateliers de manière très active, avec beaucoup d'enthousiasme et un grand intérêt quant aux résultats attendus. Les résultats de l'atelier 3 seront ensuite discutés avec les acteurs du territoire, les scénarios proposés seront évalués collectivement, et enfin les conditions de mise en œuvre des actions résultantes des ateliers 3 seront étudiées.

5. Discussion

5.1. Intérêts et limites de notre approche par le métabolisme socio-économique

La méthodologie employée a permis de combiner différentes approches, qui si chacune prise individuellement n'ont pas toujours été « originales », ont permis dans leur confrontation et combinaison de faire dialoguer différentes disciplines (biophysiques et SHS) au sein du consortium de recherche. Cela a également permis de nouer des échanges fructueux avec les acteurs des territoires associés au projet Boat, surtout dans le NA. Dans la suite nous discutons les différentes approches mobilisées.

Ce projet impliquant SHS et sciences biotechniques a été source de richesses et de difficultés. En effet, nous nous sommes confrontés au démarrage du projet à des difficultés de compréhension des représentations proposées par chacun (exemple du séminaire de février 2018), mais ces difficultés ont permis d'engager un dialogue de fond, et d'aboutir à la proposition d'articulation des regards à partir du cadre « bioeconomics » et du modèle fond/flux. Cela s'est traduit par des réunions très

régulières du comité de pilotage (tous les 2,5 mois environ), élargies à l'ensemble des partenaires scientifiques, avec des présentations partagées, et une assiduité importante. Pour des raisons organisationnelles, financières et écologiques, beaucoup de réunions ont eu lieu en visioconférence : cela a permis la multiplication des échanges, mais davantage de réunions physiques auraient peut-être aidées à une meilleure articulation entre les deux terrains. La confrontation des avancées dans le NA et la VDD s'est heurtée à : i) la distance géographique ; ii) des contextes très différents et donc des problématiques et enjeux relatifs à la gestion de la BOA propres à chaque territoire ; iii) des chercheurs mobilisés sur chaque terrain de disciplines différentes (et dont les corpus théoriques diffèrent également) et des ressources recrutées pour les besoins du projet hétérogènes (doctorant et post-doctorant d'une part, ingénieur d'étude d'autre part) ; iv) des phasages du projet différents (travaux menés dans la VDD qui ont commencé et finit avant ceux du NA). Toutefois les échanges, notamment par la présentation des travaux menés par les différents partenaires ou sur les deux terrains, ont permis des partages fructueux et d'avancer sur chacun des terrains. Des échanges ont également eu lieu sur les deux territoires, même si les acteurs ont parfois été difficiles à mobiliser en lien avec leurs agendas, sans remettre pour autant en cause leur intérêt pour le projet Boat, notamment dans la NA. Cela nous amène à nous questionner plus globalement, sur les façons d'accélérer les rapprochements entre les partenaires scientifiques, et avec les acteurs de terrain, engagés dans des programmes autour de la bioéconomie territoriale ?

Dans la suite nous revenons sur les intérêts et limites de la démarche du projet Boat, étape par étape.

5.1.1. Le proto-métabolisme

Le principal intérêt du proto-métabolisme est qu'il se construit à partir de bases de données disponibles en libre accès, sans enquête de terrain préalable. Il est reproductible et automatisable (automatisé sous une certaine forme dans l'outil SI-Boat) pour tout type d'étude infra-régionale. À visée générique, il ne prétend ni être exhaustif ni être parfaitement fidèle à la réalité. Il apporte de la connaissance située, générant une première caractérisation des acteurs, des productions et de leurs empreintes. Il permet d'émettre des hypothèses sur le fonctionnement bioéconomique de la production et valorisation des BOA d'un territoire, et d'éclairer sur les potentiels compromis et arbitrages associés. L'analyse du proto-métabolisme questionne l'inscription des territoires dans une vision bioéconomique, qu'elle soit plutôt basée sur le renouvellement des fonds au sens de Georgescu-Roegen (1971), ou sur l'optimisation de l'usage des BOA et le développement des biotechnologies (Grillot et al., 2021).

Pour autant, les données permettant une application locale du proto-métabolisme sont très hétérogènes en termes d'unités statistiques, d'échelles de diffusion, de fréquence de collecte et mise à jour, de nomenclatures, de définitions et de types d'informations (Grillot et al., 2019). Cela a deux conséquences majeures : i) rassembler et ré-imbriquer de telles données est coûteux en temps, en ressources humaines et en résolution de la complexité des appariements ; ii) l'appariement des données apporte des incertitudes. Par ailleurs, à l'échelle infra-régionale, les flux réels en produits et co-produits, notamment vers les IAA ne sont pas disponibles. Or, de telles données alimentent également d'autres travaux, par exemple d'évaluation de la biomasse disponible (Marsac et al., 2018), d'optimisation des usages des BOA sur la gestion durable des nutriments (Bellarby et al., 2017) ou le développement de l'AB (Nesme et al., 2012). Une réflexion nationale sur les données relatives aux sources et aux usages de la biomasse disponibles et accessibles semble nécessaire. En effet, de nombreux acteurs de l'action publique à différentes échelles déploient des agendas autour de la bioéconomie, et des initiatives multiples de collectes d'informations sont mises en œuvre avec de véritables problèmes d'interopérabilité et d'interrogations sur la fiabilité des sources et leur pérennité. Le rapport du CGAAER sur « La place des régions dans le développement de la bioéconomie » montre bien l'absence d'approche intégrée de la bioéconomie et l'enjeu de parvenir à mettre en cohérence aux différentes échelles et entre échelles : stratégies, projets de bioéconomie, et compétences (Hermeline et al., 2019). Nous avons nous-mêmes été confrontés à la difficulté de récupérer des données gérées par les Chambres d'Agricultures (MesParcelles sur les pratiques agricoles) ou par l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (base de données nationale d'identification animale). Ces deux exemples, qui ont été très chronophages dans les tentatives avortées de construire des relations tant contractuelles que de confiance, sont emblématiques de la reconnaissance par tous de la valeur des données, mais des freins : i) par de nombreux acteurs, quant à la mutualisation des usages pour des intérêts partagés ; ii) et réglementaires sur la gestion de données notamment personnelles récoltées avec un objectif précis, qui nécessiteraient d'être adaptées pour l'utilisation dans un cadre de recherche (ex. de la difficulté à récupérer le RPG non anonymisé). Il nous semble donc nécessaire de mettre autour de la table l'ensemble des « possesseurs » de ces données pour des usages de recherche et d'intérêt général. L'INRAE peut-il se saisir de cette question ?

Du fait de la volonté d'automatisation de la construction du proto-métabolisme, il n'est pas détaillé sur les spécificités régionales, notamment sur les pratiques agricoles. Ainsi, la grille d'analyse permet principalement d'identifier des hypothèses bioéconomiques sous réserve de postulats : circuit court entendu comme local, AB fort consommateur de matière organique, etc. Davantage de données peuvent être intégrées au proto-métabolisme pour approfondir les hypothèses.

En effet, le proto-métabolisme et sa grille d'analyse (ancrage/autonomie/empreinte) peuvent être enrichis et servir, par exemple, de cadre agrégateur de méthodes et d'indicateurs développés par ailleurs. L'autonomie biophysique peut être approfondie via des indicateurs sur l'évaluation des biomasses disponibles (Marsac et al., 2018), l'autonomie de l'élevage (Jouven et al., 2019; Magne et al., 2019), l'intégration culture-élevage (Moraine et al., 2016). L'évaluation des empreintes peut être enrichie d'indicateurs de performances agro-écologiques (Stark et al., 2019) et services rendus par les agro-écosystèmes (Dumont et al., 2017; Therond et Tibi, 2017). Elle peut aussi être couplée à d'autres approches, comme des analyses de cycle de vie (van der Werf et al., 2009) ou énergétiques (Hercher-Pasteur et al., 2020) utilisées dans le projet Boat.

D'autres cadres d'analyse du métabolisme s'intéressant par exemple à la circularité (degré d'ouverture et de bouclage de flux), sobriété (intensité des flux), externalisation (lien métabolique à d'autres espaces), toxicité (nocivité des flux) du métabolisme

(Herbelin, 2018), pourraient permettre d'enrichir la grille d'analyse utilisée par d'autres formes de qualification du métabolisme des BOA.

Le proto-métabolisme peut ainsi être utilisé comme un « objet intermédiaire » (Vinck, 1999) permettant d'intégrer d'autres connaissances, produites par ailleurs, mais aussi outil de dialogue avec les acteurs de terrain, de réflexivité et de prospective. Dans un objectif d'accompagnement de la transition bioéconomique, l'ensemble des critères peut être renforcé et débattu localement, par exemple, au travers de démarches de délibération collective (Allain et al., 2020).

SI-BOAT a montré son intérêt pour aider à analyser des territoires quant aux formes d'ancrage, de dépendance, d'empreintes des filières de valorisation des BOA, auprès une diversité de publics, par l'appréhension qu'en ont eu des étudiants ou les collègues des instituts techniques agricoles. Les retours de ces utilisateurs vont d'ailleurs nous aider à améliorer l'outil. Cela pose la question des ressources humaines à impliquer, car maintenir et développer un SI est coûteux en temps, et donc en personnes. Une des suites données au projet Boat, à savoir le projet Scalable, qui démarrera en 2021 (Madelrieux et al., 2020), permettra de le faire encore pendant 3 ans, grâce au financement de l'ADEME Graine.

5.1.2. Les empreintes

5.1.2.1. Empreinte environnementale

L'analyse de l'empreinte environnementale, dans Boat, met en évidence l'intérêt d'étudier de la manière la plus exhaustive possible les productions agricoles d'un territoire donné, certaines activités ayant des impacts disproportionnés par rapport à leur importance sur le territoire. De même, cela plaide pour exprimer les impacts non seulement par kg et par unité de surface, mais aussi globalement sur le territoire pour avoir une compréhension plus fine des empreintes des différentes productions. La prise en compte de la transformation dépasse le cadre classique de l'ACV agricole, qui s'arrête généralement aux portes de la ferme. Cependant, il est intéressant de constater que cette information supplémentaire modifie sensiblement les conclusions. Par exemple, si l'on s'arrête aux portes de la ferme, la production de luzerne a les plus faibles impacts environnementaux, mais lorsqu'on inclut la déshydratation, le profil environnemental de cette culture est nettement dégradé.

Les résultats de l'ACV territoriale donnent donc des clés aux acteurs du territoire pour identifier les principales activités responsables d'impacts environnementaux, afin de mettre en place des programmes d'actions ciblés et adaptés. Cependant, ce travail met également en évidence la lourdeur de la méthode, ce qui la rend impossible à transférer aux acteurs pour qu'ils puissent travailler en autonomie sur la construction des scénarios souhaités. Cette limite méthodologique importante plaide pour la construction d'un outil simplifié et accessible, comme cela a par exemple été fait avec l'ACV d'exploitations laitières avec la Chambre d'Agriculture de Bretagne (van der Werf et al., 2009).

Par ailleurs, à moins d'améliorer significativement la précision et la représentativité des données utilisées, l'incertitude relativement importante de la méthode rend difficile l'évaluation de scénarios d'évolution, à moins que ceux-ci soient très contrastés. Le retard pris dans les ateliers de prospective n'a pas permis de livrer des scénarios modélisables en ACV dans le temps du projet. Néanmoins, les résultats des ACV décrivant le territoire ont pu être utilisés lors de ces ateliers et les acteurs ont ainsi pu mieux visualiser les impacts environnementaux propres aux activités agricoles principales de leurs territoires.

5.1.2.2. Empreinte énergétique et azote : potentiels de changement et pistes de réflexion

La réduction de l'empreinte énergétique et azote de l'agriculture par unité de production reviendrait à diminuer la dissipation énergétique et des engrais investis dans le système. Concrètement, cela nécessiterait d'augmenter la NUE de l'agriculture et/ou réduire la part de l'élevage dans la production, notamment les animaux nourris sur le produit des terres arables.

En effet, élevage et NUE pèsent dans le bilan énergétique de l'agriculture car ce sont deux facteurs gouvernant les flux d'énergie produits et investis. Une augmentation de l'élevage fait baisser la NP du fait des pertes métaboliques inévitables des animaux et une diminution de la NUE fait augmenter le coût énergétique de la production car elle signifie plus de lessivage des ressources à contenu énergétique élevé. La réduction de ces deux facteurs de dissipation impliquerait des changements importants dans les pratiques de production et de consommation. Moins d'élevage se traduirait par une réorientation technique des exploitations et des filières et éventuellement par une diminution du nombre des agriculteurs, plus nombreux par unité de production dans les filières animales que végétales. De même, une baisse de l'élevage entraînerait la diminution des protéines animales sur le marché et donc un moindre disponibilité dans les régimes alimentaires. Concernant la NUE, une augmentation devrait certainement passer par l'adoption des bonnes pratiques culturales à grande échelle et également par la réintégration géographique des systèmes mixtes de production animale et végétale afin de reboucler les cycles des nutriments. L'amélioration de la NUE des cultures et un meilleur recyclage des déjections animales se combinent dans la définition de son efficacité totale (NUEtot) et seraient aussi très bénéfiques pour l'environnement, voire indispensables dans le cadre des enjeux planétaires actuels. En effet, une meilleure NUEtot peut permettre de produire plus en perturbant moins le grand cycle biogéochimique de l'azote et avec moins d'empreinte fossile.

Une agriculture qui utilise des énergies fossiles a par définition une empreinte fossile. Or, il est possible de compenser ou « neutraliser » une partie de cette empreinte par une valorisation énergétique des ressources endogènes. En effet, une piste prometteuse pour améliorer le bilan énergétique de l'agriculture du NA et de la VDD serait de viser une valorisation énergétique des résidus et notamment des résidus végétaux. Les résidus non valorisés constituent aujourd'hui un gisement énergétique potentiellement capable de compenser une partie de l'énergie fossile investie. Afin d'estimer ce gisement énergétique, il est nécessaire d'estimer la quantité de pailles des cultures qui, en revanche, ne font pas l'objet de recensement dans les statistiques officielles. Ces dernières appellent parfois « production de pailles » la quantité de pailles récoltées au champ. La quantification des pailles totales produites par les cultures peut se faire sur la base des données de production de grain et de l'indice de récolte (HI) qui indique la part du grain dans la production totale de biomasse d'une culture. La quantité des pailles par rapport au grain est égale à $(1-HI)/HI$. Pour les céréales, l'indice de récolte a été estimé à près de 50 % en France aujourd'hui contre environ 35 % au début du XX^{ème} siècle (Harchaoui et Chatzimpiros, 2018a). Sur la base du HI d'aujourd'hui, il est possible

d'approcher les disparités régionales plus ou moins fortes concernant la valorisation actuelle des résidus parmi les terrains. Dans le département de l'Aube, la quantité de pailles récoltées (154 kt, Agreste, 2017) ne dépasse pas 8 % des pailles produites par les cultures (estimées à 2Mt en passant par le HI), contre 25 % dans le département de la Drôme (130 kt, Agreste, 2018 contre près de 490kt calculés par le HI), c'est-à-dire que respectivement plus de 92 % et 75 % du gisement total de pailles reste au champ. Selon le niveau de valorisation, ces pailles pourraient plus ou moins contribuer à compenser l'énergie investie dans chaque système et compenser ainsi une partie de leurs empreintes fossiles. L'analyse du métabolisme agricole en considérant en parallèle les flux et transformations de l'énergie et des nutriments montre l'intérêt de développer des approches transversales pour capter les dynamiques couplées entre ces deux catégories essentielles de ressources.

5.1.2.3. Empreinte socio-économique

On peut regretter que l'empreinte socio-économique ne s'exprime pas en termes de productivité économique du métabolisme des BOA, c'est-à-dire dans un ratio entre ce que consomme l'activité économique locale pour fonctionner et ce qu'elle produit au final. On touche ici aux limites du projet Boat et sa mise en œuvre à une échelle infranationale. Les indicateurs sont en effet drastiquement plus réduits à l'échelle de territoires infra-nationaux, car les données statistiques disponibles y sont plus rares, moins homogènes et moins fiables. Par exemple, la localisation des emplois au lieu de travail repose en France essentiellement sur des données déclaratives. Or, ce sont encore régulièrement les sièges sociaux qui déclarent les effectifs pour l'ensemble des établissements d'une entreprise, les emplois se retrouvant alors rattachés à une même commune, alors qu'ils n'y prennent pas tous place. Ce sont aussi parfois les nomenclatures d'activité qui sont erronées, par manque de clarté, en raison d'un repositionnement de l'activité de l'entreprise, ou par ce qu'une entreprise ne peut déclarer qu'une seule activité principale. Ce bruitage est en partie post-traité par les diffuseurs de données (ex. Insee) et reste de moindre conséquence à mesure qu'il est agrégé dans des nomenclatures d'activité ou des mailles géographiques plus larges. Cependant, dans le projet Boat, nous nous intéressons à des échelles territoriales de projet, que l'on doit reconstruire à partir de données communales et de nomenclatures d'activités fines, nous exposant de fait à l'aridité et à la fragilité des données disponibles.

Nous avons en outre exclu de « régionaliser » ou de « sectoriser » des données collectées à une plus large maille (France, région, grands secteurs économiques...), car il faut alors disposer de « clés de ventilation » crédibles, c'est-à-dire reposant sur des hypothèses raisonnables et des données localisées. Par exemple, il peut être jugé raisonnable de ventiler sur la base du nombre de chômeurs – par commune – un montant d'aides répertorié à l'échelle départementale. Par contre, sur quel fondement peut-on efficacement ventiler la valeur ajoutée d'un secteur comme l'agro-alimentaire ? En fonction du nombre d'établissements ? En fonction du nombre de salariés ? Il n'y aurait donc pas de différences de savoir-faire ou de technologies à prendre en compte ? La valeur ajoutée pourrait-elle être évaluée en fonction du prix de marché des produits agricoles ? Encore faudrait-il connaître les quantités et la qualité des produits, et chercher un indice prix pertinent au sein de marchés agricoles... De même, comment évaluer la productivité des terres agricoles ? D'après la répartition des usages agricoles et les rendements moyens par culture ? Cela impliquerait alors de ne pas tenir compte des qualités pédologiques des terres, ni des pratiques culturales, et encore moins des pratiques d'élevage...

Cependant, l'empreinte socio-économique, telle que mise en œuvre sur les deux terrains d'études, a mis l'accent sur l'origine et les performances en termes de croissance de l'emploi. Le métabolisme des BOA rend ainsi compte de spécificités, pour partie héritées d'une spécialisation de l'activité économique issue de l'histoire locale, et pour partie liées à la dynamique économique qui y prend place issue de la réponse et de l'adaptation du territoire à un contexte changeant. On a pu constater ainsi que le métabolisme du NA est en phase de recul, avec d'importantes pertes d'activité et d'emplois au sein de la chaîne de production et de valorisation de la BOA. À l'inverse, cette chaîne est dynamique dans la VDD, avec une bonne dynamique de l'emploi et l'émergence de nouvelles activités. Les trajectoires d'évolution des deux métabolismes étudiés laissent ainsi leur marque sur la dynamique de l'emploi.

5.1.2.4. Croisement des empreintes

Un premier croisement des empreintes socio-économique et environnementale a été réfléchi en fin de projet. Ce croisement a été rendu possible grâce à une entrée commune par filière/secteur d'activités, ce qui n'est pas le cas de l'empreinte énergétique où l'entrée est plus globale.

L'évolution de l'emploi sectoriel au sein de la production agricole entre 2008 et 2015 permet d'esquisser – au fil de l'eau – des tendances de court terme quant au développement ou la contraction des secteurs considérés. L'hypothèse de constance des technologies et des moyens de production ainsi introduite est bien sûr simplificatrice et intenable à plus long terme, du fait de l'existence en pratique de gains de productivité rapides et continus. A partir de ces tendances, il nous est possible d'évaluer l'impact attendu de ces variations sectorielles sur l'empreinte environnementale. Cet exercice est complexe, car chaque secteur a un impact différent sur les différents indicateurs environnementaux (eutrophisation, gaz à effet de serre, consommation d'eau...), et qu'une faible variation d'un gros secteur (par exemple la production céréalière) peut conduire à une évolution de l'empreinte environnementale plus importante qu'une forte variation d'un plus petit secteur (par exemple, la culture de pommes de terre). Il est donc difficile de tirer des conclusions sur l'impact global de ces évolutions à l'échelle du territoire. Les paragraphes suivants sont donc des tentatives d'extrapolation à considérer avec prudence.

Dans le NA, on peut faire l'hypothèse que le recul du secteur céréalière et de l'élevage bovin au profit d'autres secteurs pour la plupart plus impactants par unité de surface, comme les cultures industrielles et l'élevage porcin (voir figure 7), n'est pas une tendance favorable à la réduction des pressions environnementales. Cependant, cette diversification des productions végétales et le relatif retour de certains types d'élevage (porcs, ovins) pourrait renforcer les interactions positives entre cultures et élevages, favoriser la valorisation locale de co-produits de l'agro-industrie et générer des gains environnementaux compensant

en partie cette dégradation ; par ailleurs, d'autres critères environnementaux non pris en compte dans l'ACV seraient probablement améliorés (amélioration de la teneur en matière organique des sols par exemple).

Dans la VDD, la stabilité du secteur ovin assure le maintien et la valorisation des estives et parcours, qui jouent un rôle déterminant pour réduire l'empreinte environnementale du territoire. Le développement rapide de la volaille et de la viticulture, ici encore au détriment des grandes cultures, risque en revanche d'engendrer une dégradation des indicateurs environnementaux du territoire, tout en améliorant la diversité et la rentabilité des productions, et en favorisant l'emploi.

5.1.3. La consolidation du métabolisme

5.1.3.1. Analyse du métabolisme

L'intérêt de la consolidation du métabolisme est de préciser la circulation réelle des flux et d'identifier les réseaux métaboliques dans lesquels ils s'inscrivent vraiment, ainsi que les fonds qu'ils mettent en relation. L'analyse des proximités, modes de coordination, satisfaction/motivation permettent de mieux comprendre les logiques qui sous-tendent les réseaux métaboliques, que ce soit les formes d'ancrage et degré de stabilité de ces réseaux, les interrelations et dépendances, et d'identifier les potentiels de changement.

Cela permet notamment de :

- mettre en évidence différents types de représentation/visions par les acteurs des flux et des fonds (économiques/écologiques), des relations entre fonds économiques et écologiques, et entre fonds économiques selon les acteurs. Gabriel (2021) montre bien que les valeurs accordées à la BOA par les agriculteurs ou d'autres acteurs des filières et territoires divergent, notamment dans la place accordée à la vie des sols dans sa gestion (efficacité technique, valeur marchande, respect des traditions, intérêt collectif, opinion des autres, « ressenti ») ;

- différentes justifications des choix de BOA, d'échanges de BOA, des opérateurs avec qui interagir, en d'autres termes du réseau métabolique, comme dans le cas de la BR dans la VDD (Gabriel, 2021) ou les co-produits (tant des céréales que des betteraves) dans le NA qui peuvent, en fonction des acteurs économiques, être des matières premières nécessaires aux systèmes d'élevage ou une part des matières à « vocation énergétique » pour les filières de méthanisation. L'arbitrage se fait principalement sur des optima économiques (au sein de réseaux d'acteurs n'ayant pas la même assise financière), mettant ainsi en difficulté les élevages et plus globalement la fertilité des sols, par un appauvrissement de la matière organique qui y est recyclée ;

- identifier des flux/fonds i) critiques par rapport au renouvellement des fonds écologiques/économiques, comme dans le cas de la luzerne dans le NA ; ii) « centraux » dans le réseau métabolique (à la confluence de plusieurs flux, leur disparition entraînant un changement massif dans le métabolisme, sans préjuger de leur durabilité), comme dans le cas de la pulpe de betterave dans le NA.

- questionner la stabilité des échanges et les reconfigurations engendrées lors de variations/disparition de fonds ou de flux du fait de la vue d'ensemble des réseaux métaboliques et de leurs enchevêtrements, comme on l'a vu dans le NA avec la réallocation des flux de pulpe de betterave du désydratateur vers les méthaniseurs.

- de croiser l'analyse des réseaux métaboliques avec celles des empreintes afin de mettre les acteurs des filières et territoire face à un certain nombre de dilemmes, notamment entre dimensions socio-économique et écologique, comme dans le cas du développement de la filière volaille dans la VDD ou de l'usage de l'eau par deux filières montantes (légumes de plein champ et méthanisation) dans le NA.

- identifier les potentiels de changement et les capacités des acteurs à initier des changements. La représentation du métabolisme met en lumière les fragilités de certaines cultures et des fonds écologiques sous-jacents (ex. des difficultés répétées et potentiellement croissantes concernant dans le NA: le colza potentiellement en état d'impasse agronomique ; la betterave mise à mal par le retrait d'une bonne partie des produits phytosanitaires et par des rotations trop courtes ; les cultures intermédiaires souvent peu productives en lien avec les aléas climatiques). Ces flux de BOA s'accompagnent aussi de fragilités d'acteurs économiques, avec de la mise en danger certaine de plusieurs filières en lien non seulement avec les problèmes des fonds locaux (fonds écologiques avec la diminution de la fertilité des sols et fonds économique avec la disparition craintes d'outils de production -usine de déshydratation ou de production de diester-) mais aussi des politiques publiques ou/et les poids des marchés extérieurs, très puissants et impactant les réseaux métaboliques locaux. Ainsi les politiques publiques énergétiques pourraient déterminer, par l'attribution de soutiens financiers et par des changements réglementaires, l'avenir des cultures de l'ensemble du NA : céréales et betterave pour l'éthanol, colza pour le diester, maïs et cultures intermédiaires à vocation énergétique pour la méthanisation.

5.1.3.1.1. *Le métabolisme des BOA du Nord de l'Aube et de la vallée de la Drôme*

Cette approche nous a permis de montrer que le métabolisme des BOA du NA est faiblement ancré territorialement et écologiquement. La diminution de l'élevage et le manque de matière organique limite également le développement de l'AB. Son ancrage spatial repose sur des acteurs coopératifs, mais qui s'inscrivent très majoritairement dans des réseaux métaboliques vastes associés aux grandes cultures et cultures industrielles, aux empreintes environnementales non négligeables, malgré des démarches collectives sur ces aspects (à l'exemple de la SCARA, très engagée sur les problématiques environnementales : déploiement de la qualifications HVE des productions et diffusion de l'AB parmi les coopérateurs), sans de plus être dans des dynamiques positives d'emplois. Sur ce dernier point, le développement des légumes de plein champ, la méthanisation et l'AB sont chacun dans leurs secteurs des nouveaux pourvoyeurs d'emplois dans le territoire. La fragilité des groupes coopératifs ou

privés sur les filières colza, betteraves ou luzerne apparaît comme avérée. Avec le développement de la méthanisation, on constate que les acteurs cherchent plutôt à jouer sur la circularité de certains flux, la valorisation de co-produits, mais sans tenir totalement compte du renouvellement des fonds écologiques (notamment de la fertilité des sols), même si la question est présente, notamment à travers celle de l'usage des digestats. Cela génère des concurrences d'usage (sur les usages de la pulpe de betterave par exemple) et met également en danger la pérennité de certains fonds économiques (ex. du déshydratateur). Dans la VDD, au niveau institutionnel, l'accent est mis sur le renouvellement des fonds écologiques avec le déploiement de l'agro-écologie et sur une considération plus globale des limites planétaires (circuits courts et relocalisation de l'alimentation et de l'économie, utilisation d'énergies renouvelables, mobilité) et d'une recherche de plus d'autonomie. Pour autant cela se heurte au développement des filières, qui ont peu de liens entre elles et pour certaines s'inscrivent dans des réseaux vastes pour l'approvisionnement ou la distribution, même si certaines valorisent les productions biologiques locales. L'économie circulaire mise en place entre filières grandes cultures et volailles (chair et œufs) ne va pas sans poser de question sur la priorité accordée aux fonds économiques par rapport aux fonds écologiques. Tout comme dans le NA, la disproportion entre élevages et cultures et le développement de l'AB, ne permettent pas en l'état le renouvellement de la fertilité des sols par apport suffisant de matière organique locale.

5.1.3.1.2. *Le métabolisme comme objet intermédiaire pour susciter réflexivité et action*

L'ambition initiale d'une traduction du cadre théorique dans une mise en œuvre opérationnelle s'est heurtée à de nombreuses difficultés, sur les données nous l'avons déjà vu, sur des modes de représentations permettant de relier le métabolisme matériel, les logiques/enjeux d'acteurs, les empreintes. Les différentes sources de données, périmètres, temporalités, modes d'acquisition et hypothèses... ne permettent pas de telles représentations unifiées. Cela nous a amené à faire un pas de côté, à rester modeste plutôt que de rechercher l'exhaustivité des représentations et à considérer alors le métabolisme plutôt comme un medium au sein du consortium de recherche et dans les discussions avec les acteurs. Autrement dit, au fil du projet Boat, le métabolisme est devenu un objet intermédiaire (Vinck, 1999) discursif, dont on n'attend pas qu'il produise la majeure partie des connaissances, à l'aide des modèles et données utilisées, mais qu'il permette de faire émerger de nouvelles connaissances et perspectives par la confrontation des résultats produits aux acteurs. Cela nécessite également d'amener ce pas de côté dans la discussion et la collaboration avec les acteurs des filières et territoire souvent en quête de chiffres, et de représentations unifiées. Ainsi dans le NA, ce repositionnement s'est traduit par la proposition de représentations multiples et simples, propices aux échanges en direction d'acteurs diversifiés pour les amener à dialoguer autour d'objets intermédiaires partagés.

5.1.3.2. *Réalité du métabolisme comme objet intermédiaire pour susciter réflexivité et action dans les deux territoires associés au projet*

La réalité du métabolisme comme objet intermédiaire s'est exprimé différemment selon les deux territoires associés. Dans les deux cas, les représentations visuelles des flux, de réseaux d'acteurs, des empreintes, à différentes échelles spatiales ont été fortement appréciées par les acteurs lors des échanges, pour leur facilité de prise en main. La multiplication des représentations, comme autant de facettes de la réalité à mettre en discussion et à faire dialoguer, ont permis de pallier l'écueil d'une représentation unifiée, même si leur articulation n'a pas toujours été aisée.

Par contre il y a eu une réelle différence dans les collaborations et la dynamique associée au projet Boat dans les deux territoires. Dans le NA, les acteurs, peu habitués à accueillir des projets de recherche sur leur territoire (pour ne pas dire qu'il était « vierge » de tout projet de recherche) ont ouvert grand leur porte, d'autant que le sujet était d'actualité et à forts enjeux pour eux. Le projet a ainsi réussi à embarquer les responsables de coopératives, celui de la plus grande sucrerie de France, habituellement inaccessibles et peu disponibles pour des projets de recherche-action à l'échelle du territoire. Signes de leur intérêt : ils prenaient des notes lors des échanges, et se sont inscrits tout de suite lors de l'annonce des dates d'ateliers. Alors que la VDD sature de dispositifs de recherche, les acteurs s'y perdent un peu, et la coordination d'ensemble n'est pas réalisée, ce qui amène à la multiplication d'initiatives que les acteurs n'arrivent pas à suivre. De plus l'étalement géographique du territoire, sa grande diversité, ne facilite pas non plus la mise en place de dynamiques collectives autour de projet de recherche-action. La Communauté de communes du Val de Drôme a proposé qu'on s'associe à une prospective qu'ils voulaient mener avec d'autres laboratoires menant également des prospectives sur le changement climatique, mais celle-ci n'a pas vu le jour avant la fin du projet Boat. Cette multiplication de projets dans le territoire ne facilite pas la mobilisation des acteurs.

Cela nous renvoie au choix des collaborations dans le cadre de projets de recherche-action, même s'il y a un intérêt de certains acteurs du territoire au départ pour le projet, il nous semble important de considérer l'historique du territoire avec la recherche et l'actualité du sujet pour les acteurs du territoire.

Pour revenir au NA, on peut faire l'hypothèse que la forte spécialisation des filières agricoles a conduit, malgré des connaissances interpersonnelles marquées, à limiter les échanges de fonds concernant les dynamiques agricoles dans le territoire. Le projet Boat a permis par la production de supports sur le métabolisme des BOA, sous des formes diverses, d'enclencher des discussions approfondies. Les acteurs n'ont donc pas remis en cause les représentations, mais les ont enrichis. La préparation des ateliers prospectifs dans le NA a permis d'inclure diverses représentations du métabolisme des BOA du NA, choisies par les chercheurs, et ont cherché à intégrer les questionnements récoltés lors des enquêtes ayant servi à consolider le métabolisme. Chaque flux et chaque fonds représenté sous-tendait tout un ensemble d'informations et les discussions en étaient d'autant plus riches en atelier. Contrairement à la VDD, il n'existe pas de projets de territoire explicite et peu d'interlocuteurs viennent susciter de tels échanges. C'est par la combinaison des réunions avec la Chambre d'Agriculture, lors

des échanges avec les responsables des différentes filières dans leurs entreprises et lors des ateliers avec les présentations des avancées du projet que les acteurs du NA ont pris progressivement conscience du fonctionnement des filières, des liens entre elles et des concurrences d'usage. Ils en avaient une vision partielle, et les échanges ont permis, en présence des autres acteurs, de mieux appréhender les enjeux relatifs au fonctionnement des filières dans leur ensemble, de verbaliser ces liens et de prendre conscience de leurs conséquences potentielles. Ainsi les représentants des filières avaient initialement des difficultés à expliciter les risques potentiels concernant les fonds écologiques, qu'ils connaissaient parfaitement, mais les représentations produites par Boat ont servi d'objet intermédiaire pour expliciter la problématique du renouvellement de ces fonds. Néanmoins, chaque acteur rappelait son implication pour l'environnement dans des visions riches, mais souvent sectorielles. Il en va de même quant aux relations entre acteurs économiques, dont il ressort que sans la présentation explicite des représentations du métabolisme consolidé des BOA dans le NA, un certain nombre de questions ne seraient pas formulées aussi explicitement, comme cela a été le cas sur le déploiement de la méthanisation agricole. Toutefois, malgré les représentations et les ateliers prospectifs insistant sur les incohérences potentielles du déploiement de la méthanisation ou les impasses agronomiques mettant en danger certains acteurs économiques, ce problème n'a pas trouvé un consensus complet parmi les acteurs présents, même si chacun a mieux compris (et partiellement partagé) les postures des autres participants. Nous pouvons également citer la question du développement de l'élevage, notamment ovin, portée officiellement par la Chambre d'Agriculture. Il est possible de démontrer économiquement, sociologiquement et environnementalement de l'intérêt de l'élevage de ruminants, pour autant rien ne se passe. Les quelques installations d'élevage observées concernent des monogastriques, dans des démarches plutôt individuelles et liées à des entreprises dont les dynamiques ne sont que peu liées au territoire du NA.

La dynamique enclenchée grâce au projet Boat devrait déboucher sur le montage d'une Chaire de recherche. En effet, dans la continuité des résultats du projet Boat, l'Université de technologie de Troyes monte une Chaire de recherche portant sur la transition des territoires agricoles en partenariat avec AgroParisTech et UniLasalle. Celle-ci devrait voir le jour au cours du premier semestre 2021. A partir d'expérimentations portées par des acteurs agricoles du département de l'Aube dans un premier temps, les activités de la Chaire viseront à intégrer un changement d'échelle organisationnelle (de l'exploitation aux filières), spatiale (du local au territoire régional) et temporelle (de la réaction aux enjeux actuels à l'anticipation d'enjeux futurs), et s'organiseront autour de deux axes : l'évaluation de la soutenabilité des pratiques et l'expérimentation de la transition des territoires. Le premier mécène de la Chaire, également membre fondateur, est un collectif d'agriculteur du NA ayant entamé sa transition agro-écologique : conversion à l'AB et développement d'activités nouvelles afin de développer une logique filière plus intégrée au territoire.

5.2. Une approche bioéconomique teintée « écologie industrielle » qui gagnerait à s'ouvrir à l'« écologie des terrestres »

Dans le programme bioéconomique, au sens institutionnel, le recyclage et l'optimisation des usages de la BOA sont les maîtres mots de la gestion des BOA. Cela est particulièrement le cas dans les programmes d'écologie « industrielle ». Nous avons vu que différentes critiques peuvent être adressées à de tels programmes comme la non considération des fonds écologiques ou le paradoxe de Jevons. Nous avons cherché à en tenir compte en proposant une approche bioéconomique (au sens « bioeconomics ») de la bioéconomie (au sens « bioeconomy »), dans nos représentations plutôt « teintées » d'écologie industrielle. D'autres propositions et programmes existent qui proposent de penser ensemble humains et non humains et plus largement la capacité d'agir du vivant (Gabriel, 2021). Il s'agit alors de se rendre attentif aux multiples capacités d'agir du vivant, et de croiser et multiplier les savoirs qui décrivent le fonctionnement du vivant et dont le rôle ne peut être réduit à leur seule fonction dans le système productif. Des auteurs proposent alors une écologie « des terrestres » : ré-ancrer les sociétés humaines dans « un sol », « un terrain de vie », « un territoire » (Latour, 2017) : « [Il s'agit de] définir les terrains de vie comme ce dont un terrestre dépend pour sa survie et en se demandant quels sont les autres terrestres qui se trouvent dans sa dépendance [...] c'est l'ensemble des animés – éloignés ou proches – dont on a repéré, par enquête, par expérience, par habitude, par culture, que leur présence était indispensable à la survie d'un terrestre », et cela vaut pour les hommes comme pour les animaux ou végétaux. L'accent est alors mis sur les interdépendances, et les niveaux d'interdépendance, mais aussi sur les attachements et les valeurs accordées aux fonds et aux flux. Gabriel (2021) confronte ces deux types d'approches et ce qu'elles permettent de dire chacune et dans leur mise en dialogue. Le tableau 8 présente quelques-uns des points de confrontation.

	EI	ET	Coupage EI/ET
Le métabolisme comme flux et de fonds	-Quels sont les productions et apports de BOA à l'échelle du territoire ? (flux) -Quels sont les principaux acteurs des filières et des territoires impliqués ? (fonds)	Comment les acteurs représentent le métabolisme: -Comment qualifient-ils les flux de BOA ? -A quels fonds accordent-ils de la valeur et quelle place occupe le vivant parmi ceux-ci ?	En quoi les représentations des flux et des fonds du programme EI débordent de celles du programme ET ? Et réciproquement
Les situations problématiques en termes métaboliques	-Dans quelles situations observe-t-on des déséquilibres entre production et apports (à l'échelle du territoire ; à	-Quelles sont les transformations du métabolisme qui affectent les acteurs? -En quoi ces transformations révèlent des situations problématiques où le	En quoi les problèmes de déséquilibres entre production et apports (EI) et la difficulté à prendre en compte le vivant (ET) sont des

	l'intérieur du territoire) ?	vivant n'est pas pris en compte ? - En quoi la définition de ces situations problématiques est contestée, et dépendante des représentations ?	problèmes liés ?
Les relations au sein du métabolisme	-Quels sont les liens de concurrence et d'interdépendance qu'entretiennent les acteurs économiques ? -Comment ces relations amènent à définir différents types d'acteurs selon leurs liens métaboliques aux autres ? -En quoi les différents réseaux d'acteurs réinterrogent les objectifs de bouclage de flux en fonction de l'échelle géographique ?	- Sur quels compromis de valeurs se stabilise la gestion des BOA ? Dans quels collectifs s'incarne-t-elle, et quelle place y occupe le vivant ? -Comment se recomposent ces collectifs ? En quoi ces recompositions transforment-elles les compromis et le rapport au vivant ? - En quoi cela réinterroge les capacités d'agir du collectif ?	En quoi les types d'acteurs (EI) sont reliés à des types de valeurs (ET) concernant la gestion des BOA ? En quoi les deux programmes (EI et ET) sont mis en dialogue et transformés dans des situations concrètes (exemple d'un projet de compostage collectif dans le cas de la thèse d'Andréa Gabriel)

Tableau 8: Le métabolisme vu par les programmes d'écologie industrielle (EI) et des terrestres (ET) et ce que permet leur mise en dialogue (source : adapté de Gabriel, 2021)

Dans le projet Boat, nous avons plutôt eu à l'échelle du projet une approche de type EI, si ce n'est dans la thèse d'Andréa Gabriel, qui donne ainsi à voir l'intérêt de mettre en dialogue des approches de type EI et ET pour favoriser l'action dans le cadre de la gestion des BR dans la VDD. La thèse montre en effet, en quoi les problèmes de déséquilibres entre production et apports de biomasses résiduelles (EI) et la perte de lien au vivant (ET) sont des problèmes liés. Il montre également qu'une proximité de valeurs (ET) peut être préférée dans certains cas à une optimisation locale des flux de matières (EI), comme dans le cas de cet agriculteur qui va refuser les fumiers de son voisin, au profit de fumiers qui viennent d'un élevage plus lointain, mais dont l'exploitant partage les valeurs autour de l'AB.

Cela pose la question de qui sont les véritables acteurs du métabolisme des BOA, ceux qui ont la capacité d'agir, entre les conflits ou tensions qui portent sur la légitimité des représentations portées par les différents acteurs, et les acteurs aux pouvoirs d'actions réels au niveau des territoires, comme les collectivités territoriales, mais qui ne concernent que certains flux (par exemple les déchets verts ou boues de station d'épuration pour la gestion de BR).

Cela pose également la question du lien entre représentation et action qui est centrale :

- des représentations peuvent être proposées tout en négligeant le lien à l'action, quand celles-ci ne tiennent pas compte des échelles de décision et d'action des acteurs. C'est une question qui se pose notamment dans les ateliers participatifs, où si l'objectif affiché est bien d'une réflexion pour l'action, il peut être difficile de rassembler les décideurs de première instance dans l'arène concernée. Ainsi discuter du développement de la méthanisation dans le NA par exemple sans les acteurs de l'énergie autour de la table peut être un problème, en s'interrogeant évidemment sur la méthode de conduite des ateliers à mettre en œuvre pour éviter des blocages en leur présence.

-des représentations peuvent être explicitement orientées vers l'action, mais en négligeant certains acteurs, et pouvant être dénoncées comme ne représentant pas correctement le métabolisme ou à l'inverse en surinvestissant la représentation de certains acteurs (comme les acteurs industriels en EI par rapport à d'autres qui revendiquent une place dans la prise en charge du problème métabolique, sans toujours en avoir concrètement les moyens).

5.3. Les questions soulevées

Question d'échelles

Un choix fort a été fait au démarrage dans Boat, de se situer à une échelle spatiale « territoriale », vue comme pertinente pour la transition bioéconomique et pour l'action, mais difficiles à informer en termes de données quantitatives, car ne correspondant pas aux limites administratives des statistiques accessibles en libre accès. Ce choix assumé soulève des questions notamment pour des analyses en dynamique, car il n'est pas aisé de tracer l'évolution des délimitations géographiques du fait de la multiplication des fusions des communes et EPCI. Cela exige de repasser par l'échelle communale pour ré-agréger ensuite et avoir l'information consolidée sur le périmètre actuel, au cours du temps. Cela nécessite d'avoir accès à la donnée communale, ce qui n'est pas le cas de toutes les données utilisées dans SI-BOAT par exemple.

D'autre part, le projet Boat a cherché à articuler les échelles « exploitations », « filières » et « territoire » pour dialoguer avec les acteurs. C'est en effet cette articulation d'échelles qui souvent pose problème pour une transition bioéconomique. Nous avons vu dans la VDD, les difficultés autour de la mise en place d'une plateforme de compostage du fait des divergences d'intérêts des différentes parties prenantes, ou encore la non ré-introduction de l'élevage qui pourrait être vertueuse dans le NA, notamment par rapport à la problématique de la matière organique des sols, et qui peine à se mettre en place, là encore du fait d'intérêts divergents et de verrouillages socio-techniques (Magrini et al., 2019).

Nous avons également vu que la gouvernance des filières échappe aux acteurs des territoires, et que les métabolismes des BOA se déploient bien au-delà des territoires considérés dans Boat (NA et VD). Nous avons également soulevé la question de qui sont réellement les acteurs du métabolisme des BOA, et qui associer pour favoriser une transition bioéconomique (au sens de « bioeconomics »). Cela nous amène sur la question des échelles de mise en œuvre de la bioéconomie, de leur articulation et mise en cohérence. Par exemple, quelles seraient les « bonnes » échelles de relocalisation des activités (production, transformation, consommation) ? Ce que nous aborderons dans le projet Scalable « Métabolisme des biomasses d'origine agricole : représentations multi-échelles, analyse des vulnérabilités et évaluation par les acteurs des territoires » (Madelrieux et al., 2020).

Quant aux échelles temporelles, nous avons vu qu'une approche métabolique permet de rendre compte sous un angle matériel, énergétique et socio-technique : des évolutions passées, des transformations en cours et d'ébaucher des futurs. Dans le NA, les dynamiques passées ont été informées et la capacité des acteurs à envisager les conséquences de futures dynamiques sont adressées. Pour autant, comment mieux inclure ces dimensions historiques sans obérer les visions prospectives ? Les ateliers 1 et 2 ont essayé de tenir cette tension, notamment en demandant à parler d'un futur désirable et non d'un futur déterminé par les verrouillages socio-techniques actuels. Il serait intéressant de porter un regard plus dynamique sur les BOA dans les territoires, notamment en interrogeant les fonds à l'œuvre, leurs évolutions et évolutions de leurs interactions, et leurs potentiels d'action dans le futur, qu'il s'agisse de fonds économiques comme écologiques (si on rejoint la proposition de dialoguer avec les approches en ET).

Question des vulnérabilités associées au métabolisme des BOA

L'analyse des réseaux métaboliques associés à la BOA, de leur stabilité et formes d'ancrage, de leurs dépendances pointe des vulnérabilités. Si les vulnérabilités n'étaient pas au cœur du projet Boat, elles sont toutefois apparues dans les échanges, les préoccupations des acteurs ou des chercheurs quant au renouvellement des fonds, notamment écologique ou des verrouillages socio-techniques (Magrini et al., 2019). Il ressort par exemple dans le NA, une vulnérabilité du territoire liée à la présence de grands groupes coopératifs qui semblent parfois peu soucieux du renouvellement : i) des fonds écologiques ; ii) des producteurs, notamment dans l'établissement de stratégies collectives, rendant le territoire vulnérable quant à l'épuisement de ses ressources productives. De plus ces groupes s'inscrivent dans des logiques de marchés pour des filières de plus en plus mondialisées et spécialisées, et par là-même très sensibles à de potentiels chocs économiques ou sanitaires. Face à cet éloignement des centres de décision, les agriculteurs sont susceptibles d'enclencher des actions individuelles ou en petits collectifs plus cohérents avec leurs projets propres, mais pouvant déstabiliser le fonctionnement actuel de filière, s'ils font nombre.

Dans ce contexte de changements globaux, et face à des événements comme la crise de la Covid 19, illustratrice d'autres chocs à venir, comment les réseaux métaboliques actuels sont susceptibles d'être impactés, d'évoluer et les acteurs capables de réagir (en s'appuyant sur quels fonds et quels flux ?). Le projet ANR REAACC -RESilience des systèmes Agricoles et systèmes Alimentaires : Compréhension, Co-construction vers une soutenabilité renforcée – coordonné par P. Marty et auquel participent d'autres membres du projet Boat, va contribuer à instruire ces questions. Appréhender les vulnérabilités des territoires au regard du métabolisme des BOA sera aussi au cœur du projet Scalable. Les filières de valorisation des BOA sont de plus en plus exposées à des perturbations de court ou long terme (comme le changement climatique), et la complexité accrue des réseaux associés augmente le nombre de points de fragilités potentiels. Accompagner la mise en place d'une bioéconomie territoriale ne peut alors, nous semble-t-il, se passer d'un regard sur les vulnérabilités des systèmes, notamment d'interroger les capacités des filières de valorisation des BOA d'un territoire à : i) satisfaire les besoins de la population ; ii) assurer le renouvellement de ses fonds, iii) sans transfert de vulnérabilité vers d'autres territoires ou échelles (Madelrieux et al., 2020).

Question des engagements publics par rapport à la bioéconomie institutionnelle

Les résultats du projet nous amènent à considérer que les recommandations et politiques publiques peuvent être questionnées sur leurs potentiels effets néfastes sur le métabolisme des BOA, et les enjeux de durabilité affichés. C'est le cas de l'incitation à la transition énergétique des territoires amenant au déploiement massif de la méthanisation à la ferme par exemple. Le NA offre un autre exemple de désajustement potentiel du développement de la bioéconomie porté par des acteurs privés et soutenus par les pouvoirs publics, et des capacités et pratiques locales de production. La plus grande entreprise française de production d'huile végétale (opérant dans 21 pays) a investi sur la dernière décennie pour rénover l'un de ses sites de production dans le NA afin de produire du diester (ester méthylique d'huile végétale), un biocarburant produit à partir du colza. L'investissement de 150 millions d'euros de la société s'est accompagné d'environ 15 millions d'euros du gouvernement et des pouvoirs publics locaux, notamment pour moderniser la connexion de l'installation aux transports (par route, chemin de fer et voie navigable). L'objectif était de faciliter l'entrée du colza local (d'un rayon d'environ 200 km) et l'exportation du produit final (à l'échelle nationale ou européenne) tout en favorisant l'emploi local (80 emplois directs et 20 emplois indirects). Pourtant, ces dernières années, la production locale de colza a diminué (en raison de l'impasse agronomique montante présentée précédemment et plus globalement de la difficulté à obtenir des rendements stables malgré un usage important de produits phytosanitaires) et l'installation ne fonctionne pas à pleine capacité. Elle fait également face à une forte concurrence sur le marché français du biodiesel par d'autres groupes ayant obtenu l'autorisation d'importer en masse de l'huile de palme (dont les prix sont inférieurs à ceux du colza local). Pour les agriculteurs, mettre en place une production d'énergie à partir des BOA apparaît aujourd'hui plus facile avec le biogaz agricole qu'avec le biocarburant. Et actuellement, les organisations agricoles officielles et les autorités publiques craignent que la faible rentabilité de l'usine ne conduise à sa fermeture, à des pertes d'emplois et à une baisse du prix de la production locale de colza restante. L'avenir de l'installation est donc incertain, elle pourrait soit continuer avec du colza

importé (avec un coût environnemental important, car le colza ou l'huile de colza coûtent cher à transporter) ou fermer, avec un gaspillage substantiel d'investissements privés et publics. Cet exemple donne un éclairage de l'échec potentiel des engagements publics et des politiques de développement de la bioéconomie, lorsqu'ils favorisent la valorisation industrielle de ressources locales non pérennes, pouvant conduire à une nouvelle déconnexion entre filières de valorisation des BOA et territoires. À l'aune de cet exemple, il serait intéressant de porter un regard sur les choix industriels et sur les modes de productions agricoles, en lien avec les politiques publiques dans les territoires (par ex. en faveur de l'environnement comme l'AB et les certifications HVE, voire les projets de paiements pour services environnementaux). Cela vaut à l'échelle des exploitations agricoles comme à celles des filières associées.

6. Perspectives

Côté recherche

Lors du projet Boat a été initié un réseau informel, associant des chercheurs et acteurs intéressés par les questions de bioéconomie territoriale, avec une approche systémique, notamment issus de projets de l'AAP Graine de l'ADEME (AF Filières, Bests...), co-piloté par Sophie Madelrieux, Philippe Lescoat du projet Boat et Julie Wohlfahrt du projet Bests. Une journée a eu lieu en juillet 2019, rassemblant 38 participants, et a permis un ensemble d'échanges sur la base de la présentation des projets Boat et Bests, et le lancement de ce réseau appelé à se développer. Une liste de diffusion a d'ailleurs été créée (bests_boat@agroparistech.fr) qui est incriminée au fur et à mesure que des collègues témoignent de leur intérêt pour rejoindre ce réseau.

Les prolongements de cette mise en réseau sont divers :

- la concrétisation de nouveaux projets, qui s'inscrivent également dans la suite des réflexions et travaux enclenchés dans le projet Boat. Nous avons déjà signalé le projet ANR REAACC (avec des membres de Boat et Bests), le projet Scalable (avec des membres de Boat et AF Filières). Nous pouvons ajouter également le projet Metha3G (avec des membres de Boat et Bests), plus spécifiquement sur la méthanisation, qui permettra d'approfondir l'évaluation environnementale de différents modèles de méthanisation, à l'échelle de la ferme et du territoire, et de proposer des pistes pour que la méthanisation soit réfléchie comme un levier de la transition agro-écologique et énergétique des territoires, et non uniquement comme une diversification économique individuelle.

- la mise en place d'un groupe de travail au niveau du Département ACT de l'INRAE (associant des membres de Boat et Bests) sur « Bioéconomie et territoires : limites et réorganisation des systèmes agricoles et alimentaires » ayant donné lieu à une note de travail dans le cadre de la préparation du schéma stratégique du Département. Ses objectifs sont : i) de mieux faire connaître le cadre « bioeconomics » auprès des collègues chercheurs s'intéressant aux interactions entre agriculture-usage (alimentaire/non alimentaire) des BOA-territoire ; ii) de faire dialoguer des communautés, dans et hors INRAE, pour mieux cerner la complexité du métabolisme des systèmes agricoles et alimentaires, des espaces de production aux espaces de consommation, dans ses dimensions systémique et géographique (projet de réseau MOSAIC - MétabOLisme des Systèmes Agricoles et alImentaires dans le Continuum ville /hinterland-, financé dans le cadre du métaprogramme INRAE BETTER « Bioéconomie pour les territoires urbains »). Trois séminaires seront organisés en 2021 pour confronter différentes approches des flux d'eau, alimentation, énergie, et déchets/coproduits dans un continuum ville-hinterland et identifier des fronts de recherche à leur intersection.

- la préparation d'un nouvel évènement du réseau « Boat-Bests », qui pourrait prendre la forme d'une école-chercheur ciblée sur la méthanisation. En effet, passée d'un signal faible à un élément moteur de la gestion des BOA dans le NA en quatre ans, comme ailleurs en France, la méthanisation est également passée d'un modèle largement accepté (méthanisation à l'échelle des exploitations agricoles pour un usage local) à une source de controverse entre des acteurs des mondes économiques, énergétiques et agricoles. Nous souhaiterions proposer une école-chercheur sur le développement de la méthanisation, afin de faire dialoguer et mettre en perspective le foisonnement de projets, de thèses, et d'approches.

- la préparation du séminaire final du projet Boat en mars, qui serait ouvert à ce réseau, qui serait même élargi, pour restituer les résultats du projet et les mettre en discussion au sein de cette communauté.

Avec nos partenaires non académiques

S'inspirant de la démarche conduite dans le projet Boat, un guide méthodologique (sous forme dématérialisée) va être co-construit avec des collègues des instituts agricoles adhérents à plusieurs GIS Agricoles pour permettre un diagnostic de territoire sur la gestion et valorisation des BOA, en lien avec l'ATT « Economie Circulaire » de l'ACTA et le GIS Avenir Elevages. Des exemples illustreront ce guide et proviendront de ceux déjà traités, complétés par de nouveaux cas provenant d'un travail entamé entre les GIS depuis un peu moins d'un an sur les interactions cultures-élevage. Il en résulte un engagement financier par les GIS agricoles pour un CDD de 6 mois afin pour d'avancer sur la production de ce guide.

Le support de présentation du SI-BOAT en cours de finalisation avec le graphique et dessinateur humoristique Cled'12, vise également à faire connaître la démarche Boat, et notamment l'outil SI-BOAT, d'une manière la plus accessible possible, à

destination de futurs utilisateurs de l'outil (enseignants et étudiants, membres d'instituts techniques, de collectivités territoriales...).

Les membres du projet Boat restent enfin fortement impliqués dans le GIS Avenir Elevages, l'ATT « Economie Circulaire » et également dans le RMT Spicee (« Structurer et Produire de l'Innovation dans des systèmes ayant des cultures et de l'élevage », associant organismes de recherches, de développement -Instituts techniques, Chambres départementales et régionales d'agriculture-, de formation -écoles d'ingénieur en agronomie, lycées agricoles- et aussi Agence de l'eau et coopératives, dont un des trois axes porte sur « caractériser et évaluer la plus-value du déploiement d'une économie circulaire entre filières animales et végétales à l'échelle des territoires ») afin de continuer à déployer les travaux sur la bioéconomie territoriale en les inscrivant dans les liens recherche-développement-formation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agreste 2019 <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/>

Agreste, 2018. Portrait agricole Drôme

Agreste, 2017. Grand EST : Conjoncture végétale novembre décembre 2017

Akrich, M, Callon, M, Latour, B, 2006. Sociologie de la traduction: textes fondateurs. fr. Collection Sciences Sociales. Ecole des mines de Paris, Paris.

Alcott B., 2005. Jevons' paradox. *Ecological Economics*, 54(1), 9-21.

Alexandre S., Gault J., Guérin A.-J., Lefebvre E., de Menthère C., Rathouis P., Texier P.-H., Thibault H.L., Toussaint X., Attali C., 2012. *Les usages non alimentaires de la biomasse. Rapport de mission*. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Ministère du redressement productif. Tome 1 et 2.

Allain et al., 2020 : note du groupe de travail "Bioéconomie et territoires : limites et réorganisation des systèmes agricoles et alimentaires" du département ACT (INRAE). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02925017/>

Baritau V., Houdart M., Boutonnet J.P., Chazole C., Corniaux C., Fleury P., Lacombe N., Napoleone M., Tourrand J.F., 2016. Ecological embeddedness in animal food systems (re-)localisation: a comparative analysis of initiatives in France, Morocco, Senegal. *Journal of Rural Studies*, 43, 13-26.

Barbot G, Landel PA, Reydet S (2020) Evolution de deux coopératives agricoles drômoises : entre tensions et ancrage territorial. *RIMHA : Revue Interdisciplinaire Management, Homme et Entreprise* 40 : 97-113

Bellarby J., Siciliano G., Smith L.E.D., Xin L., Zhou J., Liu K., Jie L., et al., 2017. Strategies for sustainable nutrient management: insights from a mixed natural and social science analysis of Chinese crop production systems. *Environmental Development* 21, 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2016.10.008>

Bruckner M., Häyhä T., Giljum S., Maus V., Fischer G., Tramberend S., Börner J., 2019. Quantifying the global cropland footprint of the European Union's non-food bioeconomy. *Environ. Res. Lett.*, 14.

Borghino N., Corson M., Nitschelm L., Wilfart A., Fleuet J., Moraine M., Breland T.A., Lescoat P., Godinot O., soumis. Contribution of LCA to territorial decision making: a scenario analysis. Soumis à *Agriculture, Environment and Ecosystems*.

Bui, S., 2015. Pour une approche territoriale des transitions éco-logiques. Analyse de la transition vers l'agroécologie dans la Biovallée. Thèse de doctorat en sciences sociales, Agropa-ristech, Paris.

Coly B., 2020, Entre transmettre et s'installer, l'avenir de l'agriculture, Avis pour le Conseil Economique Social et Environnemental, 99 p.

Courtonne, J.-Y., Alapetite, J., Longaretti, P.-Y., Dupré, D., Prados, E., 2015. Downscaling material flow analysis: the case of the cereal supply chain in France. *Ecological Economics*, 118: 67-80.

Dansero E, Puttilli M, 2014, "Multiple territorialities of alternative food networks: six cases from Piedmont, Italy", *Local Environment* 19: 626-643

Duffaud-Prevost M-L., 2015. L'ancrage territorial par une géo-graphie multilocale : le cas des entreprises de la filière des plantes à parfum, aromatiques et médicinales dans la vallée de la Drôme. Thèse de géographie, Université Montpellier 3.

Dumont B., Ryschawy J., Duru M., Benoit M., Delaby L., Dourmad J.-Y., Méda B., et al., 2017. Les bouquets de services, un concept clé pour raisonner l'avenir des territoires d'élevage. INRA Prod. Anim., L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts 30, 407-422. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.4.2271>

Fernandez-Mena H., Nesme T., Pellerin S., 2016, "Towards an Agro-Industrial Ecology: A review of nutrient flow modelling and assessment tools in agro-food systems at the local scale", Science of The Total Environment, 543: 467–479

Fischer-Kowalski M, Haberl H, 2015, Social Metabolism : A Metric for Biophysical Growth and Degrowth. In: Martinez-Alier J (Ed.) Handbook of Ecological Economics. Edward Elgar Publishing, pp 100-138

Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., 1998. Sustainable development: socio-economic metabolism and colonization of nature. Int. Soc. Sci. J. 50, 573–587.

Gabriel A., 2021. Ecologiser la gestion des biomasses résiduelles dans les systèmes agricoles : les réseaux métaboliques, un outil au service d'une mise en discussion pratique de deux voies d'écologisation : industrielle et terrestre. Cas de la vallée de la Drôme. Thèse AgroParisTech, soutenance mars 2021.

Gabriel A., Madelrieux S., Lescoat P., 2020. A review of socio-economic metabolism representations and their links to action: cases in agri-food studies. Ecological Economics, 178.

Gaigné C., Letort E., 2017. Co-localisation des différentes productions animales en Europe : l'exception française ? INRA Prod. Anim. 30, 219-228. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.3.2246>

Georgescu-Roegen N., 1971. The entropy Law and the economic process, Harvard University Press.

Giampietro M., 2004. Multi-scale integrated analysis of agroecosystems. CRC Press.

Giampietro, 2014. The Metabolic Pattern of Societies: Where Economists Fall Short ISBN : [1138802921](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9292-1)

Giampietro M., 2019. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. Ecological Economics, 162, 313-322.

Giampietro, M, Mayumi, K, Ramos-Martin, J, 2009. Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM): Theoretical Concepts and Basic Rationale. Energy. 313-322 WESC 2006 Advances in Energy Studies 6th World Energy System Conference 5th Workshop on Advances, Innovation and Visions in Energy and Energy-Related Environmental and Socio-Economic Issues 34.3.

Girard, S., 2012. La gestion territoriale de l'eau est-elle gage d'efficacité environnementale ? Analyse diachronique de dispositifs de gestion des eaux dans la vallée de la Drôme (1970-2011). Thèse de doctorat en géographie, ENS, Lyon.

Gomiero T., 2017. Biophysical Analysis of Agri-Food Systems: Scales, Energy Efficiency, Power and Metabolism of Society. In: Eva Fraňková, Willi Haas, and Simron, J. Singh (Coord.): Socio-Metabolic Perspectives on the Sustainability of Local Food Systems. Vol. 7. Springer International Publishing, pp. 69–101.

González de Molina M., Toledo V., 2014. The Social Metabolism. A Socio-Ecological Theory of Historical Change. Springer, 355 p.

Granovetter, M. 1985: Economic action and economic structure: the problem of embeddedness. American Journal of Sociology 91, 481-510.

Grillot M., Ruault J.-F., Bray F., Torre A., Madelrieux S., 2019. Caractériser la biomasse d'origine agricole à l'échelle locale : Usages, gestion, valorisation et liens entre acteurs, dans : La Bioéconomie : organisation, innovation, soutenabilité et territoire, les 4 et 5 Juin. Société Française d'Economie Rurale, Reims, FRA. <https://www.sfer.asso.fr/event/view/38>

Grillot M., Ruault J.-F., Torre A., Bray F., Madelrieux S., 2021. Le proto-métabolisme : approche du fonctionnement bioéconomique d'un territoire agricole. Accepté dans Economie Rurale.

Haberl H., Fischer-Kowalski M., Krausmann F., Winiwarter V. (Eds), 2016. Social Ecology. Society-Nature Relations across Time and Space. Springer, 610 p.

Harchaoui, S. and P. Chatzimpiros. 2017 Reconstructing production efficiency, land use and trade for livestock systems in historical perspective. The case of France, 1961-2010. *Land Use Policy* 67: 378-386

Harchaoui, S, Chatzimpiros. P, 2018a. Energy, nitrogen and farm surplus transitions in agriculture from historical data modeling. France, 1882-2013. *Journal of Industrial Ecology*

Harchaoui, S., Chatzimpiros, P., 2018b. Can Agriculture Balance Its Energy Consumption and Continue to Produce Food? A Framework for Assessing Energy Neutrality Applied to French Agriculture. *Sustainability* 10, 4624. <https://doi.org/10.3390/su10124624>

Herbelin A., 2018. Ecologie territoriale et trajectoires de transitions : le cas du Rhône-Médian. Thèse de l'Université Grenoble Alpes (Doctorat en Aménagement de l'espace, urbanisme), 471p.

Hercher-Pasteur J., Loiseau E., Sinfort C., Hélias A., 2020. Energetic assessment of the agricultural production system. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 40, 29. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00627-2>

Hermeline M., Jourdièr G., Sallenave M., 2019. Place des régions dans le développement de la bioéconomie. Rapport CGAAER n° 18109, 110 p.

Jørgensen F.A., 2019. Recycling. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 190 pages.

Jouan, J., Ridier, A., & Carof, M. (2020). SYNERGY: A regional bio-economic model analyzing farm-to-farm exchanges and legume production to enhance agricultural sustainability. *Ecological Economics*, 175, 106688.

Jouven M., Puillet L., Perrot C., Pomeon T., Dominguez J.-P., Bonaudo T., Tichit M., 2019. Quels équilibres végétal/animal en France métropolitaine, aux échelles nationale et « petite région agricole » ? *INRA Prod. Anim.* 31, 353-364. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.4.2374>

Kim E., Arnoux M., Chatzimpiros P., 2018. Agri-food-energy system metabolism: a historical study for northern France, from nineteenth to twenty-first centuries. *Regional Environmental Change* 18, 1009-1019. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1119-3>

Latour B., 2017. Où atterrir ? Comment s'orienter en politique. Ed La Découverte.

Madelrieux S., Allain S., Grillot M., Courtonne J.Y., 2020. Annexe technique du projet Scalable (ADEME, programme Graine).

Madelrieux S., Buclet N., Lescoat Ph., Moraine M., 2017. Ecologie et économie des interactions entre filières agricoles et territoire : quels concepts et cadre d'analyse ? *Cahiers Agricultures*, 26.

Madelrieux S., Kockmann F., Vernier H., 2018. Histoire du grand projet « Biovallée » à travers celle de l'agriculture biologique et relecture par le design territorial. *Revue AE&S* vol.8, n°2-2 (Agronomie, environnement et sociétés) <https://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/revue-aes-vol8-n2-decembre-2018-agronomie-et-design-territorial/revue-aes-vol8-n216-decembre-2018-agronomie-et-design-territorial/>

Magne M.-A., Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Thenard V., Triboulet P., Choisis J.-P., 2019. An Integrated Approach to Livestock Farming Systems' Autonomy to Design and Manage Agroecological Transition at the Farm and Territorial Levels, dans : Bergez J.-E., Audouin E., Therond O. (Dir.), *Agroecological Transitions: From Theory to Practice in Local Participatory Design*. Springer International Publishing, Cham, p. 45-68. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01953-2_4

Magrini M-B., Béfot N., Nieddu M., 2019. "Technological Lock-In and Pathways for Crop Diversification in the Bio-Economy", in Lemaire G., De Faccio Carvalho P.S., Kronberg S., Recous S., *Agroecosystem Diversity*: 375-388, Academic Press.

Marsac S., Heredia M., Labalette F., Delaye N., Levasseur P., Capdeville J., Gervais F., et al., 2018. ELBA : Un outil de référence pour l'évaluation de ressource en Biomasse Agricole en France, Expertises. ADEME, 33p. <https://www.ademe.fr/elba-outil-reference-levaulation-ressource-biomasse-agricole-france>

- Martinez-Alier, J., Munda, G., & O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26(3), 277-286. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00120-1)
- Marty P., Brulot S., Madelrieux S., Fleuet J., Lescoat P., 2021. Transformation of socioeconomic metabolism linked to the development of bioeconomy. Case of the northern Aube (France). *Soumis à European Planning Studies*.
- Missemer A, 2013. *Nicholas Georgescu-Roegen, pour une révolution bioéconomique*. ENS Éditions.
- Moraine M., Duru M., Therond O., 2016. A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop-livestock systems from farm to territory levels. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1-14. <https://doi.org/10.1017/S1742170515000526>
- Nesme T., Toublant M., Mollier A., Morel C., Pellerin S., 2012. Assessing phosphorus management among organic farming systems: a farm input, output and budget analysis in southwestern France. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92, 225-236. <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9486-0>
- Nuhoff-Isakhanyan G., Wubben E.F.M., Omta O.S.W.F., Pascucci S., 2017, "Network structure in sustainable agro-industrial parks", *Journal of Cleaner Production*, 141: 1209–1220.
- Pahun J., Fouilleux È., Daviron B., 2018, "De quoi la bioéconomie est-elle le nom ? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique", *Natures Sciences Sociétés* 26 : 3–16
- Pauliuk S., Herwitsch E.G., 2015, "Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human society", *Ecological Economics*, 199:83-93
- Polo, M., Veyron, M., 1982. *L'agriculture biologique dans la Drôme. Evolution depuis 10 ans. Problèmes techniques des agriculteurs*. ISARA, Lyon.
- Polanyi K., 1944. *The Great Transformation: the Political and Economic Origins of Our Time*. Rinehart & Company, Inc., New York.
- Rallet A., Torre A., 2004. Proximité et localisation. *Économie Rurale* 280, 25-41.
- Regan, J. T., Marton, S., Barrantes, O., Ruane, E., Hanegraaf, M., Berland, J., Korevaar, H., Pellerin, S., & Nesme, T. (2017). Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. *European Journal of Agronomy*, 82, 342-356. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.08.005>
- Ruault, J. F., & Schaeffer, Y. (2020). Scalable shift-share analysis: Novel framework and application to France. *Papers in Regional Science*. <https://doi.org/10.1111/pirs.12558>
- Sencébé, Y., 2002. Des bons usages de l'enclavement : une analyse sociologique du « pays du diois », in Bleton-Ruget, A., Bodineau, P., Sylvestre, J.-P. (Dir.), « Pays » et territoires. De Vidal de la Blache aux lois d'aménagement et de développement du territoire, Dijon, EUD, 101-115.
- Serrano-Tovar T., Giampietro M., 2014. Multi-scale integrated analysis of rural Laos: Studying metabolic patterns of land uses across different levels and scales. *Land Use Policy* 36, 155-170. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.003>
- Stark F., Archimède H., González-García E., Pocard-Chapuis R., Fanchone A., Moulin C.-H., 2019. Evaluation des performances agroécologiques des systèmes de polyculture-élevage en milieu tropical humide : application de l'analyse de réseaux écologiques. *Innovations Agronomiques, Les polycultures-élevages: valoriser leurs atouts pour la transition agro-écologique* 72, 1-14. <https://doi.org/10.15454/11w6us>
- Stock P., Forney J., 2014. Farmer autonomy and the farming self. *Journal of Rural Studies*, 36, 160-171.
- Tamura S., Fujie K., 2014. Material Cycle of Agriculture on Miyakojima Island: Material Flow Analysis for Sugar Cane, Pasturage and Beef Cattle. *Sustainability* 6, 812-835. <https://doi.org/10.3390/su6020812>
- Tella, M., Doelsch, E., Letourmy, P., Chataing, S., Cuoq, F., Bravin, M. N., & Saint Macary, H. (2013). Investigation of potentially toxic heavy metals in different organic wastes used to fertilize market garden crops. *Waste Management*, 33(1), 184-192. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.021>

Therond O., Tibi A., 2017. Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFESE (Synthèse), « Écosystèmes agricoles » de l'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE). Inra, France, 118p.

Torre A (2010) Jalons pour une analyse dynamique des Proximités. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine* 2010-3 : 409-437

Tual, J., 2011. Dynamiques territoriales de transition vers l'agriculture biologique dans la vallée de la Drôme Le développement de l'agriculture biologique dans un territoire pionnier: historique et dynamiques actuelles autour de la production de légumes. Mémoire de fin d'études, AgroParisTech, Paris.

van der Werf, H. M., Kanyarushoki, C., & Corson, M. S. (2009). An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of environmental management*, 90(11), 3643-3652.

Vinck D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. *Revue française de sociologie*, 40-2, 385-414

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1: Grille de lecture du métabolisme des filières de production et valorisation des BOA.....	16
Tableau 2: Opérationnalisation de la grille de lecture ancrage/autonomie/potentiel de changement dans le NA	21
Tableau 3: Résultats de l'analyse de l'empreinte énergétique.....	310
Tableau 4: Résultats de l'analyse de l'empreinte azote.....	31
Tableau 5: L'ancrage spatial des revenus tous secteurs confondus en 2015 (et secteur agricole isolément)	321
Tableau 6: La création d'emplois pour les maillons essentiels de la chaîne de valeur sur la période 2008-2015	32
Tableau 7: La décomposition shift-share de la croissance de l'emploi 2008-2015 au sein de la chaîne valeur pour la VDD et le NA	33
Tableau 8: Le métabolisme vu par les programmes d'écologie industrielle (EI) et des terrestres (ET) et ce que permet leur mise en dialogue (source : adapté de Gabriel, 2021)	498

FIGURES

Figure 1: schématisation du paradigme bioéconomique (Source : Missemer (2013) relu par Allain et al., 2020).....	9
Figure 2: Localisation des deux terrains d'étude : Nord de l'Aube et vallée de la Drôme.....	11
Figure 3: Proto-métabolisme des deux terrains d'étude : A. la vallée de la Drôme et B. le Nord de l'Aube.....	18
Figure 4: Cadre d'analyse de l'empreinte énergétique de l'agriculture (adapté de Harchaoui et Chatzimpiros, 2018a et 2018b)	26
Figure 5: Cadre d'analyse de l'empreinte azote de l'agriculture (source : Harchaoui et Chatzimpiros, 2018a).....	27
Figure 6: Contribution des différentes productions agricoles aux six catégories d'impacts environnementaux calculées par ACV dans la Vallée de la Drôme.....	29
Figure 7: Consommation de ressources non renouvelables des différentes productions du Nord de l'Aube, en MJ par kg de produit et par ha	29
Figure 8: Contribution des différentes productions agricoles aux six catégories d'impacts environnementaux calculées par ACV dans le Nord de l'Aube.....	29
Figure 9: Effet de deux scénarios d'évolution de l'agriculture sur les impacts environnementaux du territoire du Nord de l'Aube.....	29
Figure 10: Principes de la démarche TNS	42

SIGLES ET ACRONYMES PRINCIPAUX

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AB	Agriculture Biologique
ACV	Analyse de Cycle de Vie
BOA	Biomasse d'Origine Agricole
BR	Biomasse Résiduaire
CREIDD	Interdisciplinary research on transition towards sustainable socio-technical systems
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
IRSTEA	Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
LESSEM	Laboratoire EcoSystèmes et Sociétés En Montagne
NA	Nord de l'Aube
RA et RGA	Recensement Agricole et Recensement Général Agricole
RPG	Registre Parcellaire Graphique
SAA	Statistique Agricole Annuelle
SAU	Surface Agricole Utile
SI-BOAT	Système d'Information sur les Biomasses d'Origine Agricole dans les Territoires
SIRENE	https://www.sirene.fr/sirene/public/accueil
UGA	Université Grenoble Alpes
UMR PACTE	UMR 5194 Laboratoire de Sciences Sociales
UMR SADAPT	UMR 1048 Science Action Développement
UTT	Université de Technologie de Troyes
VDD	Vallée de la Drôme

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

Biomasse d'origine agricole à l'échelle des territoires

Depuis les années 2000, la bioéconomie cristallise, en Europe, les ambitions d'une transition vers une économie décarbonée et source de valeur ajoutée. Parce qu'elle est une ressource renouvelable clé, la biomasse d'origine agricole (BOA) est au carrefour de différentes stratégies nationales, peu articulées entre elles, et ayant vocation à être déclinées dans les territoires. Or les décideurs manquent de méthodes et d'outils systémiques pour enclencher une transition bioéconomique, pourtant nécessaire face à la concurrence entre les usages concurrents des BOA, et à la déconnexion croissante entre acteurs des filières et des territoires.

Partant d'une approche critique de la bioéconomie institutionnelle (« bioeconomy » en anglais), nous proposons une approche bioéconomique (au sens « bioeconomics », paradigme scientifique développé par N. Georgescu-Roegen prenant en compte les limites planétaires et plaidant pour une approche métabolique des activités humaines, s'appuyant sur les concepts de flux et de fonds) de la bioéconomie. Les objectifs de ce projet de recherche-action, en lien avec deux territoires (Nord de l'Aube et Vallée de la Drôme), ont alors été de tester les intérêts d'une telle approche métabolique à l'échelle territoriale pour : i) comprendre les transformations socio-métaboliques passées du système de gestion et valorisation des BOA d'un territoire ; ii) saisir les transformations en cours liées au développement de la bioéconomie ; iii) scénariser le futur, notamment en envisageant la poursuite des tendances actuelles ou le déploiement de signaux faibles.

Comme il est particulièrement difficile de réunir les données relatives aux sources et aux usages de la BOA en France, nous avons produit un outil SI-BOAT, système d'information rassemblant diverses bases de données en libre accès et intégrant de multiples dimensions (biophysiques et socio-économiques) mises en jeu par le développement des usages de la BOA. Avec une interface en ligne, il permet d'avoir accès aisément aux bases de données et à des indicateurs, pour une zone d'étude personnalisée. Les bases de données disponibles sont toutefois limitées pour identifier les flux réels et ne disent rien des logiques d'acteurs. Nous avons alors produit une démarche de consolidation du métabolisme par enquête de terrain et évaluation des empreintes environnementale, énergétique et socio-économique associées. L'ensemble a été utilisé lors d'ateliers de réflexivité ou de prospective avec des acteurs des filières et des territoires. Nous montrons à partir des deux territoires étudiés, en quoi cette démarche vient questionner les formes d'ancrage, de dépendances et d'empreintes associés au métabolisme des BOA, ainsi que les potentiels de changement.

La gestion des biomasses d'origine agricole est un enjeu majeur face aux changements globaux. Les cadres conceptuels adaptés des travaux de N Georgescu-Roegen pour une approche renouvelée de la bioéconomie sont une voie fructueuse pour des transitions nécessaires.

Le projet BOAT propose des outils et des pistes de méthodes pour y parvenir. Il montre la nécessité de l'interdisciplinarité, des synergies entre des démarches qualitatives et quantitatives ainsi que l'importance d'approches multiples, complémentaires comme contradictoires, en interactions avec les acteurs des terrains étudiés.

Changer le Code barre + Le numéro

Clic droit sur le code barre puis **REPLACER L'IMAGE** ou **le/les supprimer s'il n'y en a pas.**

00000

