

Caractériser la biomasse d'origine agricole à l'échelle locale

Usages, gestion, valorisation et liens entre acteurs

Myriam Grillot¹, Jean-François Ruault¹, Frédéric Bray¹, André Torre¹, Sophie Madelrieux¹
¹Univ. Grenoble Alpes, Irstea, LESSEM, 38000 Grenoble, France

Résumé

Le fort développement des usages non alimentaires des biomasses d'origine agricole (BOA) questionne les concurrences d'usage de ces biomasses et la re-structuration des filières à l'échelle des territoires. Pour développer une bioéconomie territoriale, un des enjeux est de caractériser la BOA, ses modes de valorisation et les acteurs associés.

Cette communication présente une approche métabolique du fonctionnement des filières utilisant la BOA d'un territoire. Cette approche permet de construire un outil d'échange avec les acteurs des territoires pour i) intégrer leurs connaissances à des données issues de bases de données ; ii) susciter leur réflexivité voire, de mettre en œuvre des perspectives territoriales.

Abstract

The strong development of non-food uses of biomass of agricultural origin (BAO) questions the competition of use of these biomasses and re-structuring of value chains at a local scale. To develop a territorial bioeconomy, one issue is to characterize the BAO, its ways of valorization and associated actors. This communication describes a metabolic approach of the functioning of the value chains using the BAO at local scale. This approach can be used to build a tool used to exchange with local stakeholders to i) integrate their knowledge with data from databases; ii) encourage their reflexivity and, even, implement territorial perspectives.

1- Introduction

Principale source de l'alimentation humaine, la biomasse d'origine agricole¹[1] (BOA) voit ses usages non alimentaires se développer (énergie, matériaux de construction, chimie verte, etc.). La valorisation énergétique de la biomasse est ainsi fortement promue dans la perspective d'une économie décarbonée, à l'instar des engagements pris en 2015 par la loi de transition énergétique pour la croissance verte (**LTECV**). Cette vision s'inscrit dans une stratégie nationale et européenne de développement de la bioéconomie, basée sur l'utilisation privilégiée des bioressources, parmi lesquelles les biomasses issues de l'agriculture, la foresterie, la pêche et l'aquaculture (**Vivien et al., 2019**).

La valorisation de la biomasse suscite de multiples intérêts, dès aujourd'hui et plus encore demain. Elle questionne la nature des critères d'arbitrages entre les usages, les modalités de leur mise en concurrence ou encore les conséquences locales des changements possiblement induits. L'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) a soulevé les questions de concurrences d'usages (**France AgriMer, 2016**) : i) du sol entre secteurs agricole, sylvicole ou industriel ; ii) du sol entre types de biomasse à produire ; iii) de la BOA (alimentation, matériaux, énergie, etc.).

De fait, créer de nouvelles filières biosourcées, inciter aux transformations bioéconomiques des filières existantes, c'est engager une trajectoire de rupture vis-à-vis du fonctionnement économique existant. Cela ne peut que modifier la structure des filières en place et, dans l'objectif d'un développement soutenable, soulever des questions quant à l'efficacité socio-économique, énergétique et environnementale de tels remaniements (**Geissdoerfer et al., 2017**). D'autant plus que, comme le souligne Tritz (**2012**), que la production de biomasse se prête à la poursuite d'enjeux multifonctionnels. Par exemple, les haies de bocage dans l'Orne produisent du bois-énergie et participent au maintien du paysage bocager et de sa biodiversité.

Ces considérations interrogent l'écologie et l'économie des activités humaines (**Madelrieux et al., 2017**) et rendent utiles le ré-encastrement des deux, ce qui implique une prise en compte forte des limites de la biosphère (**Georgescu-Roegen, 1977, 1971; Vivien et al., 2019**). En adoptant ces tenants biophysiques, il est possible de coupler l'activité humaine et les processus écologiques au travers d'un examen des échanges de flux d'énergie et de biomasses. Les révolutions industrielles et agricoles prennent alors la forme de changements de régime dans le rythme et la diversité des transformations biophysiques observables (**Fischer-Kowalski et al., 2011**) et la linéarisation des flux (**Giampietro, 2019**). Aussi, une telle approche apparaît pertinente pour détecter et anticiper les transformations bioéconomiques qui sont susceptibles de se produire localement avec la reconfiguration des usages de la BOA.

Des pans conséquents de la littérature scientifiques se sont développés afin de rendre compte des échanges de matière et d'énergie qui organisent les processus humains et non-humains, notamment, des travaux adoptant des approches métaboliques (**González de Molina and Toledo, 2014**). Les développements autour du métabolisme social et du métabolisme territorial nous intéressent ici plus particulièrement car les métabolismes étudiés sont alors délimités en fonction des contours d'une société et de la pérennisation de ses rapports à son environnement naturel. L'approche métabolique permettrait d'analyser la

¹ La biomasse d'origine agricole est entendue ici comme toute biomasse (végétale ou animale) produite au niveau des exploitations agricoles pour des usages alimentaires ou non. Cela comprend les produits dont la production est l'objectif premier et les co-produits dont la production n'est pas l'objectif premier.

bioéconomie d'un territoire en se souciant des relations (flux de biomasse, d'énergie, etc.) et des interactions complexes qui y prennent place entre nature et société.

Elle serait en mesure d'interroger à la fois la caractérisation des ressources en biomasses disponibles et accessibles, les usages et flux de matières associés, ainsi que les logiques des acteurs en jeu dans les filières de valorisations. L'originalité de cette communication repose d'une part sur la mise en œuvre d'une approche métabolique en vue de caractériser des filières de valorisation de la BOA et leurs interactions et, d'autre part, sur la tentative d'opérationnalisation d'une méthode à l'échelle d'un territoire infra-départemental. Les aspects énergétiques et environnementaux de ce travail sont abordés en discussion et intégrés, plus largement, dans le projet de recherche dans lequel s'inscrit ce travail : le projet BOAT sur la gestion et valorisation des Biomasses d'Origine Agricole dans les territoires, financé par l'Ademe (appel à projets Graine).

Les objectifs de cette communication sont de i) proposer une représentation métabolique afin de caractériser la BOA et ses usages, ainsi que les acteurs produisant ou utilisant cette BOA ; ii) de montrer les moyens d'opérationnaliser cette approche à partir des bases de données disponibles pour la France (métabolisme théorique) et sa consolidation avec des données acquises sur le territoire (métabolisme consolidé). Nous illustrons cette démarche, les analyses qu'elle permet et ses utilisations possibles avec le cas de la vallée de la Drôme (VD).

2- Cadre théorique et démarche

2.1- Cadre théorique : bioéconomie et métabolisme

Si la popularité du terme de « bioéconomie » s'accompagne aujourd'hui d'une diversité de définitions et d'acceptions², elle traduit un fort volontarisme politique et un regain d'intérêt scientifique pour ce modèle d'économie supposé favorable à une transition écologique. Il en résulte une attention pressante quant à l'usage possible et désirable des biomasses produites par l'activité humaine, en particulier dans les économies développées où la bioéconomie cristallise les espoirs d'une relance de l'économie agricole. De nombreux travaux font état de concurrences émergentes dans l'usage des BOA et s'interrogent sur les conséquences économiques et environnementales susceptibles d'en résulter (**Gielen, 2002; Rathmann et al., 2010; Valentine et al., 2012**).

Le courant de la bioéconomie au sens de Georgescu-Roegen n'a pas fait école mais en a inspiré d'autres, tel que celui de l'économie écologique (**Madelrieux et al., 2017**) et notamment sa branche de la *social ecological economics* (**Spash, 2017**). Des travaux sur le métabolisme social (**Fischer-Kowalski et al., 2011; Singh, 2001**), aussi décliné en France en termes de métabolisme territorial (**Barles et al., 2011**) y ont été développés. Cette communication s'insère en filiation de ces travaux. Les emprunts de concepts au domaine de la biologie sont nombreux et anciens, au point qu'il est souvent difficile d'en dater l'origine,

2 Vivien et al. (2019) identifient alors trois interprétations différentes du terme bioéconomie, proposant des visions distinctes du développement économique, des trajectoires techniques et des rapports à la nature : la bioéconomie (au sens de Georgescu-Roegen) considérant les limites de la biosphère ; la bioéconomie basée sur la science ; la bioéconomie basée sur la biomasse. Les deux dernières interprétations, renvoyant à une « durabilité faible » font écho à un paradigme économique basé sur le progrès technologique (l'économie des promesses technologiques) qui continue de chercher la croissance économique perpétuelle (**Giampietro, 2019**). La première interprétation inscrit des limites à la croissance économique imposées par l'environnement naturel et fait référence aux travaux de Georgescu-Roegen (1977), qui propose, dans sa bioéconomie de tenir compte des processus d'interaction entre la technosphère (créée par la société humaine) et la biosphère

comme le cas des premières approches métaboliques, datées a minima du 19e siècle, mais qui ont véritablement connu un essor à partir des années 1990 (**González de Molina and Toledo, 2014**). Les concepts de métabolisme urbain et de métabolisme industriel font certainement partie des plus courants dans la littérature scientifique et traduisent un intérêt des représentations métaboliques pour une variété d'objets d'étude : fonctionnement urbain, chaîne de production industrielle, systèmes agraires, etc. (**Beloin-Saint-Pierre et al., 2017**).

Beloin-Saint-Pierre et al. (**2017**) identifient plusieurs modes de représentation du métabolisme, au degré de précision croissant : i) le système est une boîte noire et seulement les flux entrants et sortants sont étudiés, ii) les composantes du système sont identifiées, iii) les composants et liens entre composants sont identifiés sous forme de réseau. Ces représentations sont aussi diverses dans la façon dont (**Gabriel et al., 2019**) : i) elles considèrent les flux/stocks/fonds³ (**Georgescu-Roegen, 1971**), les acteurs économiques et autres composantes susceptibles d'entrer dans le métabolisme, ainsi que les différentes échelles et niveaux d'analyse ; ii) elles font le lien à l'action, traduisant des positions différentes des chercheurs en termes de cadre théorique et d'objectifs. Dans cette communication nous focalisons sur la caractérisation des filières de valorisation de la BOA et de leurs interactions. Dans la représentation du métabolisme de filières agricoles associées à la production agricole du périmètre étudié, nous considérons les agents économiques et leurs facteurs de production comme des fonds et les flux de matières circulant entre eux, sur une temporalité courte (une année pour rendre compte des cycles de production agricole).

2.2-Construire le métabolisme des filières agricoles d'un territoire : du métabolisme théorique au métabolisme consolidé

Pour l'élaboration et l'utilisation du métabolisme à l'échelle d'un territoire, nous proposons une démarche en trois points : i) caractériser la gestion et valorisation de la BOA; ii) caractériser les empreintes énergétiques, environnementales et socio-économiques de la valorisation actuelle de la BOA pour les territoires ; iii) s'appuyer sur les représentations du métabolisme et de ses empreintes pour mettre en œuvre des prospectives territoriales pour une gestion plus durable de la BOA.

La suite de cette communication se centre sur ce premier point visant à construire le métabolisme de la valorisation des BOA en deux temps (figure 1) :

- métabolisme dit « théorique » : nous faisons l'hypothèse que le métabolisme par lequel un territoire mobilise et transforme sa production agricole est une déclinaison d'un métabolisme plus général, identifiable par l'accès à des données non spécifiques au territoire.
- métabolisme dit « consolidé » : en l'absence de données locales et donc de prise en compte des spécificités locales, le métabolisme théorique ne permet pas de rendre compte fidèlement du métabolisme tel qu'il se traduit en pratique dans un territoire. Il doit être consolidé et amendé avec des données locales, notamment pour préciser les flux, les acteurs en jeu et les liens entre eux.

3 Pour Georgescu-Roegen (**1971**) : i) les flux sont des quantités qui disparaissent ou apparaissent pendant la durée de l'analyse; ii) les stocks sont des quantités de flux accumulés qui changent d'identité pendant la durée de l'analyse en raison des flux sortants (épuisement des stocks) et / ou des flux entrants (remplissage des puits). Ainsi, contrairement à son utilisation dans le jargon économique, dans le cadre de l'analyse de Georgescu-Roegen, un stock n'est pas un composant du système, mais un flux accumulé qui change de taille dans le temps (**Giampietro, 2019**) ; iii) les fonds sont des agents capables à la fois de produire et de consommer des flux à l'intérieur du schéma métabolique du système socio-écologique. Ils préservent leur identité d'origine tout au long de l'analyse (ex. : la population humaine, la main-d'œuvre, le capital technologique, l'utilisation des sols). Par conséquent, les éléments de fonds sont les référents qui définissent la composition du système.

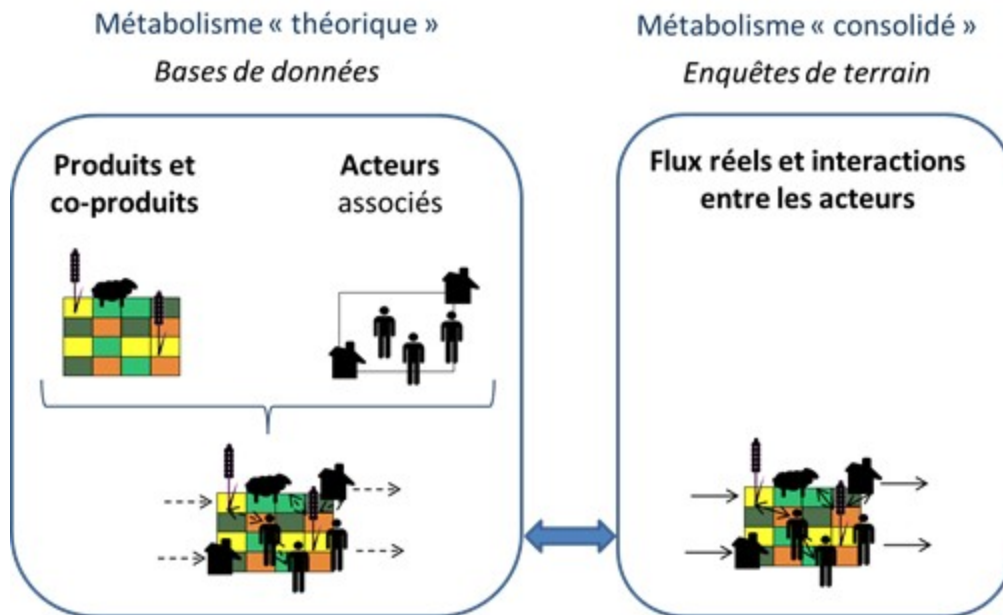


Figure 1. Lien entre métabolisme théorique et métabolisme consolidé

2.3- Délimitation du système étudié

Le système étudié se décompose selon les processus de production agricole, de première transformation des produits agricoles et d'approvisionnement agricole (figure 2). La production agricole se déroule dans les exploitations agricoles. La première transformation, quant à elle, peut avoir lieu en exploitation agricole comme en industrie agro-alimentaire (abattage, transformation du lait, des grains, des fruits et légumes). De même, l'approvisionnement agricole peut être réalisé au sein d'une même exploitation agricole ou entre exploitations (ex : échanges de paille-fumier), comme elle peut être liée à du commerce de gros (ex : semences, engrais minéral) ou à des industries agro-alimentaires (ex : co-produits pour l'alimentation animale).

Le périmètre spatial de départ considéré est celui de la production agricole de la zone d'étude. Dans le cas de la vallée de la Drôme, ce périmètre correspond aux trois communautés de communes : Crestois et de Pays de Saillans Coeur de Drôme, Diois, Val de Drôme. Pour ce qui concerne l'approvisionnement et la transformation, l'objectif étant de suivre la BOA produite sur la zone d'étude, nous ne préjugeons pas du périmètre spatial pour le métabolisme théorique. Etant donnée la concentration du nombre des opérateurs des IAA (**Margetic, 2014**) et leur éloignement des bassins de production, notamment en ce qui concerne la transformation et la valorisation des co-produits, il est nécessaire de considérer qu'une partie des opérateurs des filières puisse être située en dehors la zone de production. Nous fixons comme convention de prendre un rayon de 100km autour de la zone d'étude. L'échelle temporelle pour décrire le métabolisme est annuelle.

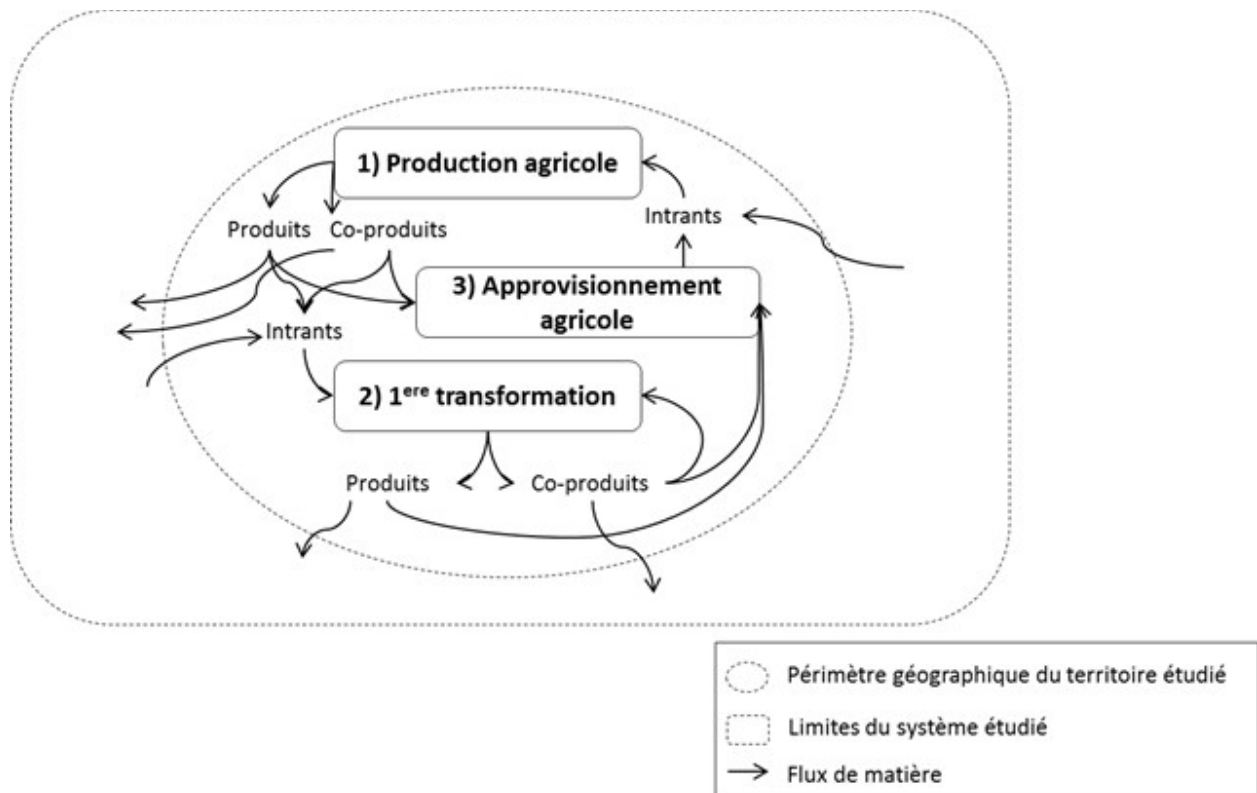


Figure 2. Délimitation du système permettant de décrire le métabolisme

Dans le cadre d'une représentation du métabolisme de ce système, les flux de BOA sont les liens entre les processus de production et de transformation. Les enjeux sont doubles, il s'agit de renseigner : i) d'une part, les processus en termes de centres de décision (quels acteurs sont concernés sur le territoire ?) et quantités de produits et co-produits potentiellement concernés ; ii) d'autre part, les flux de BOA entre acteurs (origine, destination et intensité).

2.4- Méthode pour élaborer les métabolismes théoriques et consolidés

Le métabolisme théorique

Pour renseigner le métabolisme théorique, pour des périmètres inférieurs à des départements, voire à cheval sur plusieurs départements, un recensement des bases de données existantes sur la BOA a été effectué. Nous avons retenu 34 bases de données existantes sur l'ensemble du territoire français permettant de traiter les questions relatives à la production et usages de la BOA et leurs empreintes socio-économiques, énergétiques et environnementales. Une grille de lecture a été utilisée pour questionner, entre autres, la source de la donnée, le mode production de la donnée, l'échelle minimale, l'unité statistique, la fréquence de collecte et distribution.

Ce travail s'est appuyé sur des travaux existants de recensement de bases de données (*GCHP2E, 2016*), de travaux sur les biomasses agricoles et l'utilisation des co-produits (*France AgriMer, 2016; Marsac et al., 2018; Réséda, 2017*) et sur les plateformes dédiées (*MAA, 2018; ODR, 2018*). Nous avons identifié les types d'informations fournies par les bases de données sur les aspects du métabolisme et avons structuré ces liens entre bases et éléments du métabolisme (figures 3 et 4). La mise en évidence de données manquantes pour rendre compte du métabolisme a permis de cerner les besoins de collecte de données complémentaires, notamment concernant les informations sur les flux de matières et

relations entre acteurs. Lorsque cela était possible, les données de l'année 2017 ont été utilisées, sinon celles des années précédentes.

Le métabolisme consolidé

Un travail de prise en main des spécificités locales est nécessaire pour consolider les connaissances. Cette connaissance peut être apportée par différents moyens : littérature scientifique, rapports d'études spécifiques au territoire et informations sur les acteurs en jeu dans le métabolisme (ex : sites internet, articles de presse). Des enquêtes individuelles de terrain ont été effectuées pour préciser les logiques d'acteurs et caractériser les liens entre eux, en termes de relations et d'intensité. Elles permettent de préciser les origines et destinations des flux de BOA et ainsi, de questionner l'ancrage territorial de la production et de la transformation et ses dépendances à des ressources, opérateurs ou centres de décision extérieurs au territoire. Ces enquêtes ont été menées dans la VD auprès de 53 agriculteurs, 10 opérateurs économiques des filières, 10 experts (dans les filières aviculture, élevage laitier et viande, grandes cultures, maraîchage, arboriculture, viticulture et plantes à parfum aromatiques et médicinales), 9 autres acteurs du territoire et 2 chercheurs.

Des comités de pilotage ont été organisés avec les membres représentants des communautés de commune, de la chambre d'agriculture et d'une association des acteurs économiques de la VD. Ces réunions ont permis d'échanger, d'itérer sur la démarche et de compléter le métabolisme au fur et à mesure de sa mise en visibilité. Dans cette communication, le métabolisme consolidé est présenté pour la filière poulets de chair en intégration.

3- Résultats

3.1- Structuration des bases de données pour construire le métabolisme théorique

Identifier les acteurs

Les acteurs de la production agricole peuvent être identifiés à partir de différentes bases de données (figure 3) : i) le Recensement Agricole (RA) avec une mise à jour décennale de manière exhaustive ; ii) la Mutualité Sociale Agricole (MSA) qui recense les salariés et non-salariés cotisants annuellement ; iii) le Registre Parcellaire Graphique (RPG) qui recense les déclarants aux aides pour la Politique Commune Agricole (PAC) ; iv) les registres des Etablissements Départementaux de l'élevage (EDE) qui identifient les éleveurs. Les données MSA, PAC et EDE sont disponibles annuellement à l'échelle de l'exploitation mais non accessibles sans convention avec le diffuseur. A moins d'avoir accès aux données individuelles du RA, les bases de données décrites précédemment ne permettent pas de prendre en compte la diversification dans les exploitations agricoles. La classification selon l'orientation technico-économique des exploitations (OTEX) ne permet de distinguer que les exploitations en « polyculture-élevage ».

Le Système Informatique pour le Répertoire des ENtreprises et des Établissements (SIRENE) permet d'identifier les entreprises et établissements qui leurs sont associés. Cette base de données, diffusée par l'INSEE, apporte des informations sur la branche d'activité des entreprises et établissements, la localisation des établissements, le siège de l'entreprise, la tranche d'employés, etc. Un secteur d'activité économique principal (APE) est déclaré selon la nomenclature d'activité française (NAF). Cette nomenclature est utilisée à des fins statistiques et la mise à jour dans la base de données en cas de changement d'activité principale n'est pas obligatoire (*INSEE, 2019*). De fait, cette base de données est peu

utilisée pour recenser les exploitations agricoles. Par contre, lorsqu'il s'agit de leur activité principale, elle permet d'identifier les établissements permettant l'approvisionnement des exploitations agricoles (commerce de semences et engrais, fabrication d'engrais) ainsi que la transformation des produits agricoles (industries agro-alimentaires).

Par ailleurs, le code d'établissement (SIRET) utilisé dans cette base permet de faire des jointures avec d'autres bases de données, par exemple le registre des émissions polluantes (IREP) ou la liste des agréments et autorisations de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL). Pour des questions sanitaires, cette dernière liste les établissements amenés à manipuler des animaux vivants, produits ou co-produits animaux (**MAA, 2019**). L'utilisation de ces données permet, par exemple, d'identifier spécifiquement les abattoirs, ou encore, les établissements dont l'activité principale est la culture de céréales, mais qui possèdent également des volailles. Certaines exploitations disposent également d'agréments auprès de la DGAL, permettant ainsi d'identifier une potentielle transformation à la ferme. Le RA permet de connaître le nombre d'exploitations pratiquant la transformation à la ferme (en 2010).

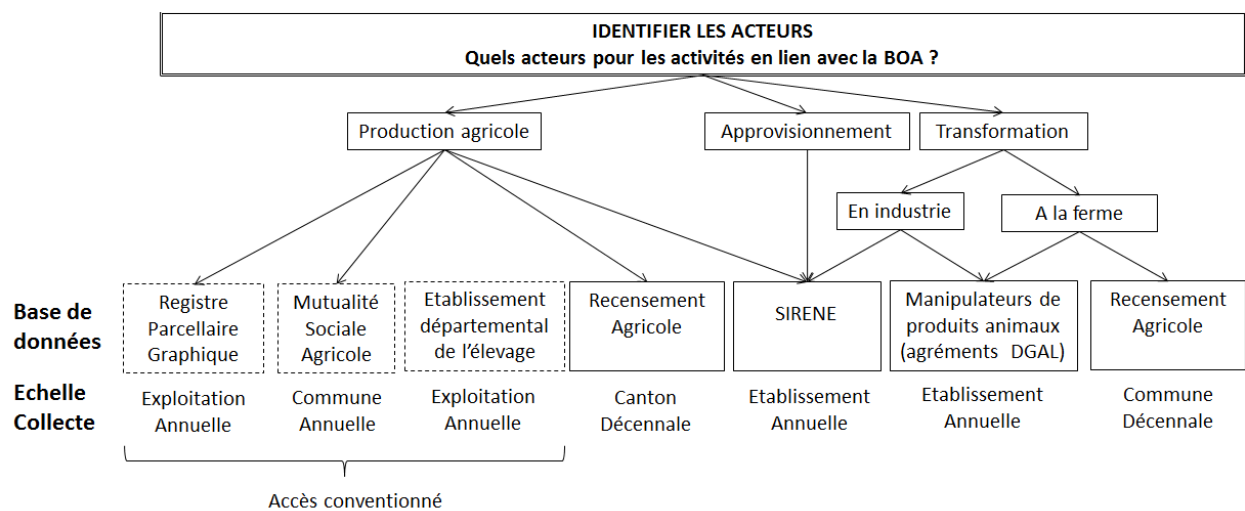


Figure 3. Bases de données existantes pour identifier les acteurs mobilisant la BOA

Quantifier la production potentielle et ses modes valorisation

A l'échelle territoriale, les quantités de produits agricoles sont estimées en croisant les productions (surfaces cultivées, cheptel) avec les rendements départementaux moyens (figure 4). Ces rendements, distribués dans les Statistiques Annuelles Agricoles (SAA), sont eux-mêmes estimés à partir des enquêtes « Terres labourables » et « Cheptels » encadrées par le ministère en charge de l'agriculture (**MAA, 2018**).

Concernant les surfaces cultivées, le RPG recense l'ensemble des parcelles des exploitations effectuant une demande d'aide à la PAC, c'est une source quasi-exhaustive mais dans laquelle certaines filières peu aidées sont moins représentées (cultures permanentes) (**Cantelaube and Carles, 2014**). Cette base de données, diffusée par l'IGN depuis 2015, fournit la forme géométrique des parcelles (en libre accès, le lien avec l'exploitation est accessible sur convention). Elle permet de différencier annuellement leur couverture du sol selon une nomenclature de plus de 300 cultures. Les Statistiques Annuelles différencient 179 cultures. Un travail d'appariement entre les nomenclatures de production et de rendements est nécessaire. Par exemple en 2017, le blé tendre d'hiver et l'épeautre sont groupés dans les SAA mais différenciés dans le RPG et, inversement, les citrouilles et courgettes sont groupées dans le RPG et différenciées dans les SAA.

Concernant les cheptels, pour des raisons sanitaires, les bovins, petits ruminants, équins et asins sont identifiés individuellement et les volailles, porcs et lapins identifiés par lot. Ces données d'identification des animaux sont associées à un numéro d'élevage. Ces données ne sont pas en accès libre et peuvent être récupérées localement auprès des Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt et Chambres d'Agriculture (DGAL). Ces données permettent également de suivre les animaux dans leurs mouvements en dehors de l'exploitation et de déterminer les flux animaux. La base de données sur les abattoirs permet de répondre aux questions d'origine des animaux abattus localement et de localisation de l'abattage des animaux produits localement.

La production de co-produits est estimée à partir d'indices informant sur la quantité de co-produits par quantité de produits. Ces indices sont répertoriés dans les études sur les différents usages des biomasses, notamment celles produites par l'Observatoire de la Biomasse (**France AgriMer, 2016; Réséda, 2017**). Les données utilisées sont nationales. Les co-produits considérés comme des déchets susceptibles de polluer issus d'installations industrielles, de stations d'épuration urbaines de plus de 100 000 équivalents habitants et d'élevages intensifs de volailles, de porc et d'aquaculture sont recensés dans l'IREP. Les déchets sont catégorisés selon leur dangerosité et opération de traitement, comme les opérations de compostage ou encore « d'épandage sur le sol pour l'agriculture ou écologie ». Ces déchets sont, par exemple, les boues issues du traitement des eaux usées/effluents, déchets de tissus végétaux, etc. Les établissements associés à ces déchets sont recensés avec leur numéro de SIRET, ce qui permet un appariement avec d'autres bases de données.

Les potentiels de transformation des industries agro-alimentaires peuvent être approchés à partir de la base de données des installations classées pour l'environnement (ICPE). Elle recense les établissements au-delà d'un seuil d'activité (dépendant de l'activité) identifiés comme susceptibles de provoquer des pollutions.

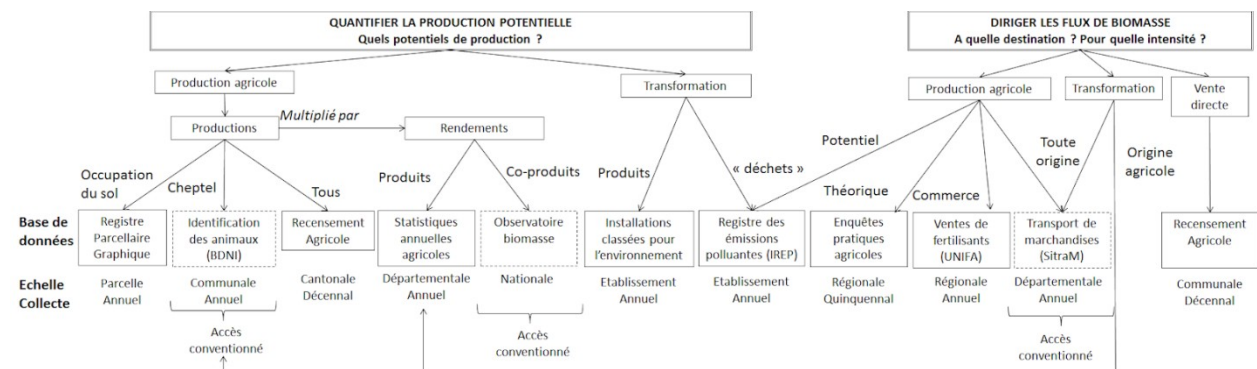


Figure 4. Données utilisables pour quantifier la production de BOA et caractériser les flux associés : bases de données, échelles et fréquences de collecte

Diriger les flux de BOA

Peu de données sont actuellement disponibles à l'état brut pour caractériser les flux de BOA dans un territoire, hormis les données sur les flux d'animaux déjà citées (figure 4). La base de données SitraM permet de décrire les flux transportés à l'échelle départementale, voir une application aux données agricoles par Le Noë et al. (**2016**).

L'intensité des flux de BOA alimentant la production agricole peut être estimée à partir des données sur les pratiques (à l'échelle départementale). La connaissance des ventes de fertilisants disponible à l'échelle régionale s'avère une échelle trop agrégée pour être intégrée à l'échelle locale (base Union des industries de la Fertilisation). Elle peut toutefois servir d'indication.

L'intensité des flux de BOA en partance de la production agricole vers la transformation ne peut être identifiée à l'échelle locale à partir des bases de données. Toutefois, pour certaines productions de légumes (cas des tomates), la production commercialisée pour la transformation des légumes et tubercules est donnée dans les SAA à l'échelle départementale. Il est donc possible d'estimer la part de la production du territoire qui transformée mais il n'est pas possible de déterminer si cette transformation a lieu localement ou non. La part des flux de biomasse issus des exploitations agricoles pour de la vente directe est disponible dans le RA à une échelle communale pour l'année 2010.

3.2-Le métabolisme dans la vallée de la Drôme

Métabolisme théorique

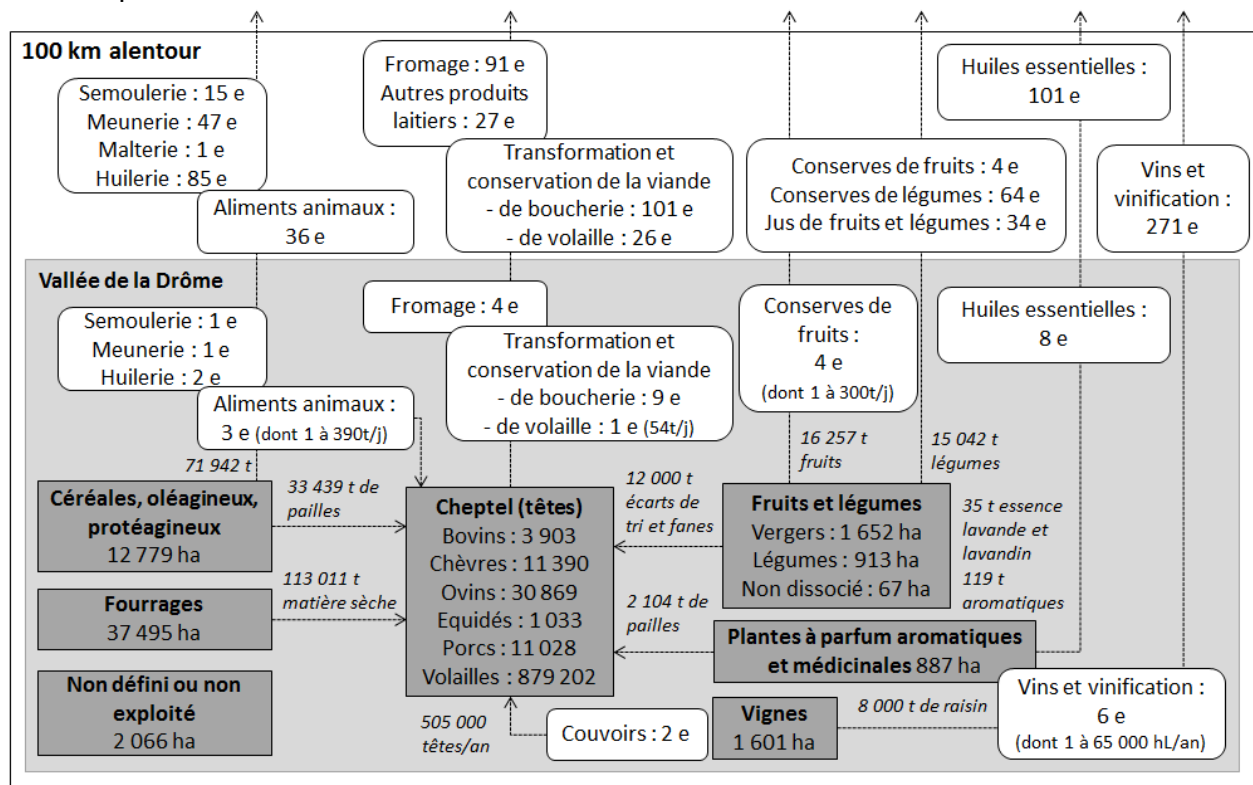
La vallée de la Drôme (VD) présente une production de biomasse fortement diversifiée. Sur les 1 300 exploitations de la VD en 2010, les exploitations avaient un OTEX orienté à : 46% sur l'élevage (majoritairement spécialisés en petits ruminants, polyculture-élevage, volailles), 22% sur les grandes cultures, 13% en culture fruitières et permanentes, avec une forte présence des plantes à parfum, aromatiques, médicinales et condimentaires (PPAM), 13% en vigne et 6% autre.

La construction du métabolisme théorique permet d'identifier les transformateurs en lien avec ces productions en présence (figure 5). L'utilisation de la liste de la DGAL (2018) permet d'identifier dans la VD : 3 élevages de volailles (sur 76 dans SIRENE) agréés pour l'abattage de volailles; en transformation laitière à la ferme : 32 élevages ovin/caprin (sur 177), 6 en polyculture-élevage (sur 102) et 2 en vaches laitières (sur 14) sont agréés. Les agréments de la DGAL permettent d'identifier 13 usines de compostage dans les 100 km de la zone d'étude, qui peuvent à la fois s'approvisionner auprès des exploitations agricoles et les approvisionner. Avec l'adresse des transformateurs, il est possible de déterminer leurs rayons de couverture potentiels. Par ailleurs, les transporteurs manipulant des animaux vivants ou sous-produits animaux de type laine, poils, soies de porc, plumes, parties de plumes et duvets peuvent être identifiés.

Le métabolisme théorique peut être utilisé pour l'autonomie alimentaire (des hommes et des animaux d'élevage) potentielle du territoire, empreinte énergétique, environnementale, socio-économique, etc. Nous centrons la suite de l'analyse sur les dépendances du territoire par rapport à des ressources ou opérateurs extérieurs. La confrontation des productions en présence avec les opérateurs de la transformation sur la zone permet en effet de faire des hypothèses sur :

- l'absence de certains des maillons d'une filière (approvisionnement/production/transformation). Par exemple, il ne semble pas y avoir d'outil de transformation pour la filière légumes dans le territoire. Est-ce que cela signifie que la production maraîchère est uniquement fermière ou que les outils de transformation sont localisés hors du territoire ?
- la dépendance des producteurs à des ressources ou transformateurs extérieurs. La VD fournit potentiellement 663 t de protéagineux, ce qui semble insuffisant pour nourrir plus de 11 000 chèvres laitières et près de 900 000 volailles. Cela traduit, comme ailleurs en France, un fort déficit en autonomie protéique et une dépendance à des sources protéiques venant d'ailleurs, comme le soja. Autre exemple, la production en volailles (chair et œufs) semble surdimensionnée par rapport aux sources d'approvisionnement (2 couvoirs) et de transformation présents sur le territoire (1 abattoir limité à 54 t/j et 3 exploitations autorisées à abattre à la ferme).
- la dépendance des transformateurs du territoire à un approvisionnement extérieur. En effet, l'approvisionnement en fruit de la VD (potentiel de 16 257 t) est-il suffisant pour les 4 établissements transformateurs du territoire, sachant qu'un des établissements emploie

entre 100 et 199 salariés et est autorisé à transformer 300 tonnes/j ? De même, pour la filière PPAM où l'on retrouve 8 transformateurs d'huiles essentielles sur le territoire, dont deux emploient chacun 20 à 49 salariés.



e : établissement

□ Opérateurs de la transformation (SIRENE 2018, ICPE 2018)

■ Production agricole (surfaces : RPG 2017; cheptel : RA 2010)

→ Flux de BOA théoriques (SAA 2017 x RPG 2017)

Figure 5. Métabolisme théorique pour la vallée de la Drôme

Métabolisme consolidé : cas de la volaille de chair intégrée

Le métabolisme théorique fournit une première vue d'ensemble des acteurs en présence et des quantités potentielles de biomasses disponibles, de former des premières questions et hypothèses. Pour autant, il ne permet pas de déterminer, par exemple, comment se répartissent les 63 063 t potentielles de céréales entre l'alimentation humaine et animale, entre la transformation locale et l'exportation, ou comment sont utilisés les co-produits. La réutilisation des tourteaux issus des deux huileries du territoire est-elle une source locale pour l'alimentation animale ? Il est nécessaire de le consolider.

Le métabolisme consolidé est décrit ici pour la filière volaille de chair intégrée. La cartographie des flux et liens entre opérateurs a été complétée à partir des enquêtes menées (figure 6). Concernant l'approvisionnement des exploitations : i) en 2009, les couvoirs du département de la Drôme ne fournissaient que 51% des besoins en poussins du département (*Chambre d'agriculture de la Drôme, 2017*). Dans la VD, un seul couvoir appartenant à la coopérative Valsoleil approvisionne les producteurs de la filière, les autres couvoirs se trouvent à des distances de 200 (Allier, Saône et Loire) à 500 km (Gers); ii) pour l'alimentation, le soja est importé et la part des céréales locales utilisée pour nourrir les animaux dépend principalement du marché et des coûts de transport. La VD valorisant principalement ses céréales en Agriculture biologique, pour certains fabricants d'aliments, il

est moins cher de s'approvisionner hors de la zone. Par ailleurs, dans la VD, l'enjeu de contrôle des salmonelles est important. Les aliments et notamment co-produits ayant un fort risque de contamination biologique par les salmonelles (*Chapoutot et al., 2019*), la question de la gestion de leurs flux est d'autant plus critique.

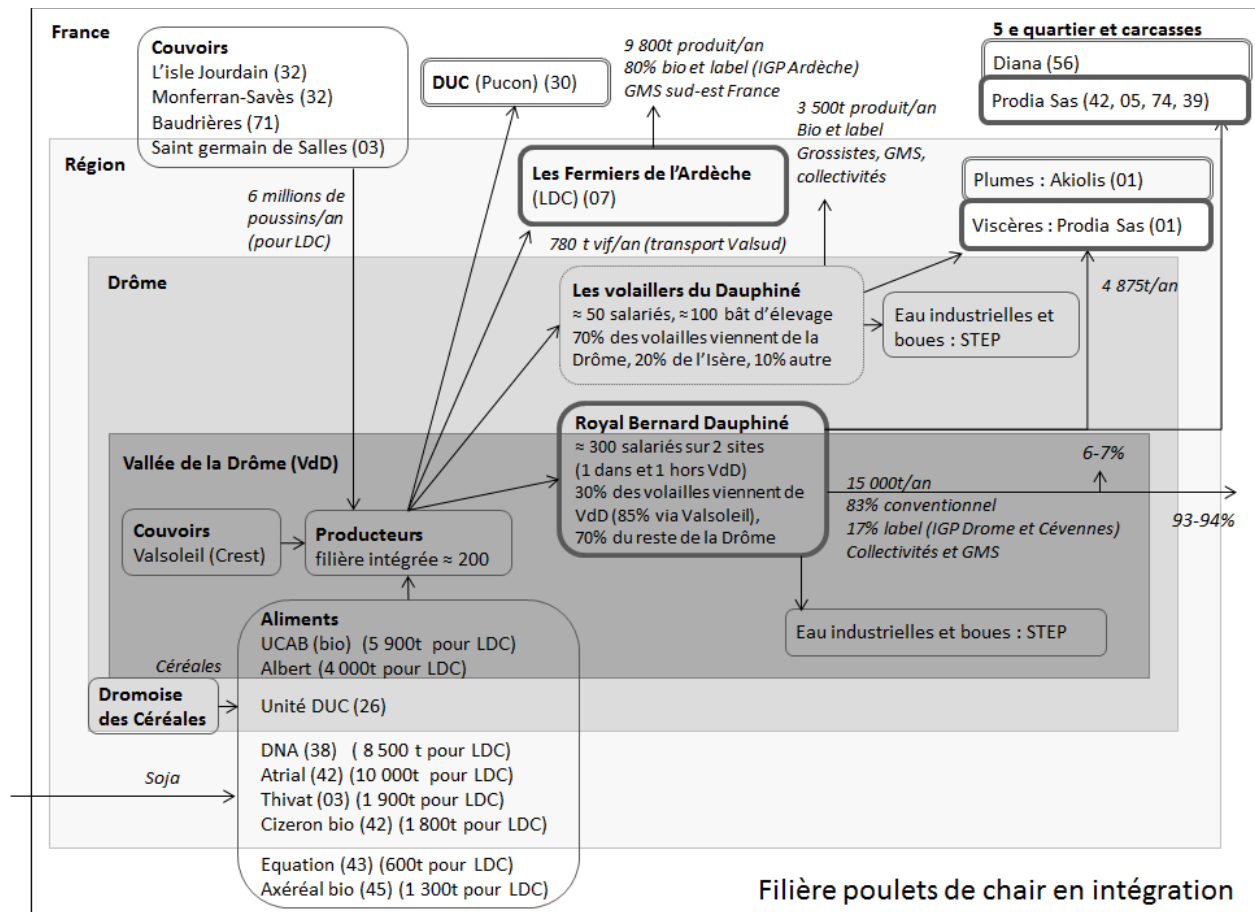
Concernant la gestion des co-produits des élevages : la question des effluents d'élevage se pose en lien avec la disponibilité des terres pour l'épandage et avec les nuisances olfactives liées à l'épandage face à un tourisme se développant. Des réseaux d'échanges entre éleveurs et exploitants ayant des cultures, notamment en Agriculture Biologique qui manquent de matière organique, sont en place.

La transformation et valorisation des volailles produites dans la VD est réalisée par une seule entreprise dans la VD et trois autres localisées en dehors.

Les enquêtes ont mis en évidence la place de la coopérative Valsoleil dans la filière. La coopérative a encouragé le développement d'ateliers de volailles dans les exploitations de grandes cultures sur le modèle d'une économie circulaire afin de valoriser les grandes cultures dans l'alimentation des volailles, d'utiliser les déjections comme fertilisants les terres des cultivateurs et d'amener un complément de revenus aux exploitants. La coopérative s'appuie sur un couvoir, une usine d'aliments (UCAB) et a noué des partenariats avec deux transformateurs : 85 % de la commercialisation des volailles part à destination de 2 abattoirs : Les Volailleurs du Dauphiné et Bernard Royal Dauphiné.

Quant aux co-produits de la transformation, il ressort des entretiens qu'aucune entreprise ne valorise localement le « 5e quartier » (sang, viscères, os, plumes). Ces co-produits de l'abattage, généralement réutilisés pour l'alimentation animale, sont transportés en dehors du département. Dans la VD, l'abattoir et la coopérative intégratrice ont pour objectif d'augmenter les volumes produits. Les coûts logistiques liés à la valorisation de ce « 5e quartier », en lien avec cette augmentation de volume, questionnent les acteurs locaux.

Si nous nous intéressons de plus près aux entreprises de transformation, une seule est indépendante tandis que les trois autres appartiennent à des groupes d'entreprises nationaux et internationaux. L'entreprise Bernard Royal Dauphiné, située dans la zone d'étude, emploie un peu plus de 300 salariés et appartient au groupe TERRENA, domicilié à Ancenis (Loire-Atlantique), qui compte 113 entreprises. L'entreprise les Fermiers de l'Ardèche, dans la région, emploie environ 130 employés et appartiennent groupe LDC, domicilié à Avoise (Sarthe), qui compte 71 entreprises. L'entreprise Duc appartient à un groupe domicilié aux Pays-Bas, comptant 51 entreprises dont uniquement Duc en France, répartie en 9 établissements, employant au total 600 à 700 personnes. De même les entreprises valorisant le 5ème quartier, (situées déjà hors territoire) sont reliées à des groupes nationaux et internationaux. Du fait de ces appartenances à des groupes, on peut questionner la marge de manœuvre des établissements à l'échelle locale pour mener une réflexion sur la bioéconomie territoriale.



Légende

- Flux de matière
- Opérateurs

Pour les transformateurs

- Appartenance à un groupe domicilié à l'étranger
- Appartenance à un groupe domicilié en France
- Société indépendante

Figure 6. Cartographie des flux et acteurs associés à la filière « volaille de chair en intégration » de la vallée de la Drôme

4- Discussion

4.1 Retour sur les difficultés pour construire un métabolisme théorique

Difficultés

Il est particulièrement difficile de caractériser dans leur ensemble les sources et usages de la biomasse dans l'état actuel des systèmes de production et mise à disposition de données en France. Les données disponibles pour le territoire national permettant une application locale sont très hétérogènes, en termes d'unités statistiques, d'échelles de diffusion, de fréquence de collecte et mise à jour, de degré de confidentialité, de nomenclatures, de définitions et de types d'informations. Les moyens de récolter les données ne sont pas toujours exhaustifs et donnent lieu à des estimations (enquêtes sur les pratiques agricoles, transports de marchandises). Par ailleurs, du fait du temps de traitement des données, leur mise à disposition est rarement immédiate, elle est souvent décalée d'une à plusieurs années. La question de l'historicité des données se pose également. Les définitions et nomenclatures, tout comme les zonages administratifs évoluent dans le temps et leur prise en main est coûteuse en temps.

La disponibilité des données n'est pas toujours assurée du fait de la confidentialité et du secret statistique. Plus l'échelle est fine (commune), plus le risque que les données soient soumises au secret statistique est élevé. Par exemple, dans le RA de 2010, dû au faible nombre d'animaux dans certaines communes, 34% des communes sont en secret statistique. De fait, pour l'ensemble des cantons de la vallée de la Drôme, le cheptel bovin calculé à partir des données communales, correspond à -40% du cheptel calculé à partir des données cantonales.

La volonté d'ouverture des données au public se voit avec la mise à disposition des données du RPG, ou encore la directive européenne Inspire de mars 2007. Cette dernière vise à établir une infrastructure d'information géographique européenne dont les principaux atouts seraient le décloisonnement de l'information, l'interopérabilité des bases de données spatiales et la mise à disposition des données (accès, méthodes d'utilisation). De telles démarches ont également lieu au sein de région, comme avec le projet datAra en région Auvergne-Rhône-Alpes (datara.gouv.fr). L'hétérogénéité de gestion et mise à disposition des données de la part des régions implique de faire des traitements spécifiques en fonction de la région d'étude.

Vers un outil de facilitation ?

Plus spécifiquement par rapport à l'engouement politique sur la bioéconomie, il semble critique que le système actuel de production de données en France ne permette pas de quantifier les flux de biomasses (et particulièrement de co-produits). Rassembler les données pour effectuer un diagnostic territorial en lien avec la BOA est coûteux en temps et en ressources humaines. Les mêmes données concernant l'assolement agricole, les cheptels peuvent être utilisées pour différents objectifs : ClimAgri, diagnostic énergie-gaz à effet de serre (*Doublet, 2011*), analyse des services écosystémiques apportés par l'agriculture (*Therond et al., 2017*). Des plateformes sont déjà en place pour faciliter les évaluations de biomasse disponible et permettre aux acteurs du territoire un gain de temps considérable, voir par exemple ELBA (*Marsac et al., 2018*). Dans le cadre du projet BOAT, l'objectif est de faciliter la réalisation de diagnostics territoriaux pouvant servir à construire le métabolisme théorique d'un territoire, incluant donc la première transformation des produits agricoles. Ainsi un outil a été développé pour : i) partager la connaissance accumulée sur les bases de données recensées; ii) fournir des éléments de caractérisation des acteurs, produits potentiels et flux de la production agricole et de la transformation, ainsi que sur les modes de valorisation de la production (agriculture biologique, appellations) et les empreintes environnementale, énergétique, socio-économique.

Le format de mise à disposition des données (tableau, graphique, carte) est encore à l'état de prototype et, l'hétérogénéité des données étant forte, cela requiert une nouvelle étape itérative de mise en discussion avec l'ensemble des membres impliqués dans le projet. Cet outil est encore en développement et n'est partagé qu'au sein des membres du projet (chercheurs, acteurs de la vallée de la Drôme). Les indicateurs sont actuellement calculés pour les territoires du projet. Toutefois, l'objectif, à terme, est d'ouvrir l'accès de cette interface à un large public et de permettre à l'utilisateur de sélectionner sa propre zone d'étude. Les utilisateurs auront alors accès à une base de travail pour la conception d'un métabolisme théorique et pour préparer les enquêtes de terrain de manière efficace en vue de sa consolidation.

4.2- Intérêts d'une approche par métabolisme théorique et consolidé

La construction d'un métabolisme théorique à partir des données disponibles apporte une information partielle sur les acteurs et le fonctionnement du territoire. Il apporte le matériau pour une prise de connaissance rapide et applicable à tout territoire avant le travail de

terrain. Il permet de faire des hypothèses sur la dépendance des producteurs et transformateurs à des opérateurs extérieurs, en lien avec l'absence de maillons de la filière ou un sous-dimensionnement probable de la production ou transformation. L'identification des acteurs en présence dans la zone d'étude et aux alentours peut également faciliter l'enquête : pour le choix des personnes à interroger; pour faire le lien entre les opérateurs cités et ceux du schéma théorique; pour préciser les flux de matières et liens entre opérateurs Cette connaissance ouvre alors sur les questions de stratégies et de choix de relations (pourquoi aller en dehors du territoire quand la ressource et/ou l'opérateur existent sur le territoire ?). A l'inverse, la connaissance du terrain permet : i) de confirmer/infirmer les hypothèses de dépendance des filières aux autres territoires et à des opérateurs dont les sièges de décision sont en dehors du territoire; ii) d'identifier les relations effectives avec des opérateurs situés au-delà du territoire (et du périmètre des 100 km) et de réinterroger les bases de données pour acquérir des informations sur ces opérateurs en termes d'emplois, de potentiels de production de déchets et de transformation.

Vers des transitions bioéconomiques

Forte d'un soutien politique et d'une effervescence scientifique, la bioéconomie cherche à introduire des changements dans l'exploitation des biomasses, notamment des biomasses d'origine agricole. Il s'agit notamment d'en faire un usage plus efficace (satisfaire les besoins) et efficient (et le faire au moindre coût social et environnemental), dans une perspective de durabilité. De ce fait, l'opérationnalisation d'une approche métabolique de la bioéconomie territoriale, telle que recherchée ici, se couple dans le projet de recherche BOAT à un calcul d'indicateurs quant aux empreintes environnementales (analyse de cycle de vie), énergétiques (degré d'autonomie énergétique ou azotée) et économiques (emploi et taux croissance emploi des différentes filières). Par exemple, on note que la filière volailles de chair intégrée est génératrice d'emplois mais forte consommatrice d'eau et d'énergie et peut être source d'acidification des sols. L'exercice est en cours et permettra - dans les grandes lignes - d'identifier les trajectoires bioéconomique qui semblent les plus favorables à un développement soutenable des territoires.

La représentation du métabolisme limitée pour l'analyse des stratégies, jeux d'acteurs et de pouvoirs et de fait, l'identification des freins et leviers au changement vers une bioéconomie territoriale, nécessite une analyse complémentaire des logiques des acteurs. L'analyse des dépendances et logiques de proximité (*Bouba-Olga and Grossetti, 2008*) permet de i) caractériser les liens « métaboliques » entre acteurs; ii) caractériser la stabilité / solidité de ces liens et le degré de dépendance/autonomie des acteurs, notamment les intérêts des acteurs autour de ces liens; iii) déterminer les potentiels de changement. Par ailleurs, la volonté de transition bioéconomique ne doit pas conduire à une sous-estimation des logiques marchandes, comme dans le cas de l'approvisionnement en céréales pour l'alimentation des volailles de la VD où la production locale est considérée comme trop coûteuse.

Le métabolisme comme objet intermédiaire pour enclencher ces transitions

L'analyse du métabolisme consolidé met en évidence des pistes de réflexion pour le développement d'une bioéconomie locale. Il est un objet intermédiaire servant à faciliter la discussion avec les acteurs qui détiennent la connaissance locale. Dans un premier temps, l'étape de consolidation du métabolisme permet d'intégrer la connaissance locale, par l'intermédiaire d'enquêtes individuelles mais également lors d'ateliers regroupant plusieurs personnes. Dans un second temps, une fois validé a priori sur le fonctionnement actuel du métabolisme du territoire, il peut être un outil de réflexivité et de prospective. Les schémas de visualisation du métabolisme, représentant les flux, acteurs et les différentes échelles

spatiales (du territoire au reste du monde) sont des supports qui suscitent, en effet, l'intérêt et la discussion auprès des acteurs des territoires.

Des ateliers de prospective avec les acteurs « agissant » sur le métabolisme sont en cela prévus. Ils seront centrés autour de la question des usages et valorisations de la biomasse d'origine agricole et des liens entre usages, l'objectif étant de mettre en discussion le fonctionnement métabolique du territoire, en se basant par exemple sur les questionnements identifiés lors de la consolidation du métabolisme. Ces ateliers permettront de mettre en discussion les formes de concurrences entre filières autour des flux matériels décrits dans le métabolisme. Différents scénarii pourront s'articuler autour de ces concurrences sur : l'usage de ressources spécifiques (ex. eau, matière organique), l'usage du sol, l'usage des produits ou co-produits, les marchés économiques (ex. tensions entre producteurs de PPAM de plaine spécialisés proposant des prix plus bas que ceux des coteaux, plus diversifiés). Ces ateliers seront également un lieu pour réfléchir aux synergies possibles pour réfléchir à la substitution de ressources, le partage d'infrastructures ou services. Ces réflexions sur les scénarii possibles de transition bioéconomique seront mises en regard avec les études sur les empreintes. La mise en place d'une méthodologie associant les méthodes de prospective à l'utilisation du métabolisme comme médium est en cours.

Remerciements

Ces travaux ont été menés dans le cadre du projet BOAT, financé par l'ADEME, appel à projets Graine de 2016.

Bibliographie

- Barles, S., Buclet, N., Billen, G., 2011. L'écologie territoriale: du métabolisme des sociétés à la gouvernance des flux d'énergie et de matières, in: CIST2011 - Fonder les sciences du territoire. Presented at the Colloque international, Paris, France, pp. 12–22.
- Beloin-Saint-Pierre, D., Rugani, B., Lasvaux, S., Mailhac, A., Popovici, E., Sibiude, G., Benetto, E., Schiopu, N., 2017. A review of urban metabolism studies to identify key methodological choices for future harmonization and implementation. *Journal of Cleaner Production* 163, S223–S240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.014>
- Bouba-Olga, O., Grossetti, M., 2008. Socio-économie de proximité. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine* octobre, 311. <https://doi.org/10.3917/rreru.083.0311>
- Cantelaube, P., Carles, M., 2014. Le registre parcellaire graphique: des données géographiques pour décrire la couverture du sol agricole 7.
- Chambre d'agriculture de la Drôme, 2017. L'aviculture dans la Drôme (Assises de l'Agriculture. Filière Avicole. Evolution 2000 à 2009). Chambre d'agriculture de la Drôme.
- Chapoutot, P., Rouillé, B., Sauvart, D., Renaud, B., 2019. Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire: des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. *INRA Productions Animales* 31, 201–220. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2353>
- Doublet, S., 2011. CLIMAGRI Guide méthodologique version 07/11. ADEME - SOLAGRO.
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., Moriguchi, Y., Schütz, H., Schandl, H., Weisz, H., 2011. Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting: State of the Art and Reliability Across Sources. *Journal of Industrial Ecology* 15, 855–876. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00366.x>
- France AgriMer, 2016. L'observatoire national des ressources en biomasse: Évaluation des ressources disponibles en France (Les études de FranceAgriMer). France AgriMer.
- Gabriel, A., Madelrieux, S., Lescoat, P., 2019. In agri-food studies, metabolic representations and research-management interfaces are deeply intertwined - Towards a more

- political metabolism?, in: ISEE : 3th International Conference of the European Society for Ecological Economics. Turku, Finland.
- GCHP2E, 2016. Recensement des bases de données de pratiques et de références pour l'évaluation des performances en Grandes Cultures [WWW Document]. URL <https://www.gchp2e.fr/Actions-thematiques/Connaissance-des-pratiques-pour-l-evaluation-des-performances/Mise-a-disposition-du-recensement-des-bases-de-donnees-en-Grandes-Cultures> (accessed 5.14.19).
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., Hultink, E.J., 2017. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production* 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Georgescu-Roegen, N., 1977. Bioeconomics, a new look at the nature of economic activity, in: *The Political Economy of Food and Energy*. Boca Raton, Florida, pp. 105–134.
- Georgescu-Roegen, N., 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- Giampietro, M., 2019. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. *Ecological Economics* 162, 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.001>
- Gielen, D.J., 2002. Biomass for energy or materials? A Western European systems engineering perspective. *Fuel and Energy Abstracts* 43, 267. [https://doi.org/10.1016/S0140-6701\(02\)86336-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6701(02)86336-6)
- González de Molina, M., Toledo, V.M., 2014. *The Social Metabolism, Environmental History*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06358-4>
- INSEE, 2019. Nomenclature d'activités française [WWW Document]. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. URL <https://www.insee.fr/fr/information/2406147> (accessed 5.15.19).
- Le Noë, J., Billen, G., Lassaletta, L., Silvestre, M., Garnier, J., 2016. La place du transport de denrées agricoles dans le cycle biogéochimique de l'azote en France : un aspect de la spécialisation des territoires. *Cahiers Agricultures* 25, 15004. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016002>
- MAA, 2019. Tous les établissements agréés, certifiés et autorisés de la DGAL [WWW Document]. Alim'Agri. URL <https://agriculture.gouv.fr/tous-les-etablissements-agrees-certifies-et-autorises-de-la-dgal> (accessed 1.25.19).
- MAA, 2018. Statistique agricole annuelle (SAA) [WWW Document]. Agreste - La statistique, l'évaluation et la prospective agricole. URL <http://agreste.agriculture.gouv.fr/donnees-de-synthese/statistique-agricole-annuelle-saa/> (accessed 8.22.18).
- Madelrieux, S., Buclet, N., Lescoat, P., Moraine, M., 2017. Écologie et économie des interactions entre filières agricoles et territoire : quels concepts et cadre d'analyse? *Cahiers Agricultures* 26, 24001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017013>
- Margetic, C., 2014. Des industries agroalimentaires françaises face à des enjeux majeurs. *L'Information géographique* 78, 27. <https://doi.org/10.3917/lig.784.0027>
- Marsac, S., Heredia, M., Labalette, F., Delaye, N., Lévasseur, P., Capdeville, J., Gervais, F., Ponchant, P., Lauga, B., Callens, J., 2018. ELBA : Un outil de référence pour l'évaluation de ressource en Biomasse Agricole en France, Expertises. ADEME.
- ODR, 2018. Observatoire du Développement Rural [WWW Document]. L'Observatoire du développement Rural. URL https://odr.inra.fr/intranet/carto_joomla/ (accessed 5.14.19).
- Rathmann, R., Szklo, A., Schaeffer, R., 2010. Land use competition for production of food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate. *Renewable Energy* 35, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.025>
- Réséda, 2017. Gisements et valorisations des coproduits des industries agroalimentaires.
- Singh, S.J., 2001. Social Metabolism and Labour in a Local Context: Changing Environmental Relations on Trinket Island. *Population and environment* 23, 71–104.
- Spash, C.L. (Ed.), 2017. *Social ecological economics*, in: *Routledge Handbook of Ecological Economics: Nature and Society*, Routledge International Handbooks. Routledge, London New York, pp. 3–16.

- Therond, O. (coord.), Tichit, M. (coord.), Tibi, A. (coord.), 2017. Volet "écosystèmes agricoles" de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques (EFESE) (Rapport d'étude). Inra, France.
- Tritz, Y., 2012. Le Système énergétique agri-territorial: les bioénergies comme outil de développement local. *Géographie, économie, société* 14, 31–52. <https://doi.org/10.3166/ges.14.31-52>
- Valentine, J., Clifton-Brown, J., Hastings, A., Robson, P., Allison, G., Smith, P., 2012. Food vs. fuel: the use of land for lignocellulosic 'next generation' energy crops that minimize competition with primary food production. *Global Change Biol Bioenergy* 4, 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01111.x>
- Vivien, F.-D., Nieddu, M., Befort, N., Debref, R., Giampietro, M., 2019. The Hijacking of the Bioeconomy. *Ecological Economics* 159, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.027>