



**HAL**  
open science

# Reconnecter les productions animales et végétales avec leur territoire pour une diminution de l’empreinte environnementale : défis et opportunités pour l’aviculture française

Souhil Harchaoui, Aurélie Wilfart, Vincent Blazy, Elodie Péchenart

## ► To cite this version:

Souhil Harchaoui, Aurélie Wilfart, Vincent Blazy, Elodie Péchenart. Reconnecter les productions animales et végétales avec leur territoire pour une diminution de l’empreinte environnementale : défis et opportunités pour l’aviculture française. Quatorzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Mar 2022, Tours, France. 9 p. hal-03642392

**HAL Id: hal-03642392**

**<https://hal.science/hal-03642392>**

Submitted on 29 Jun 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.

# RECONNECTER LES PRODUCTIONS ANIMALES ET VÉGÉTALES AVEC LEUR TERRITOIRE POUR UNE DIMINUTION DE L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE : DÉFIS ET OPPORTUNITÉS POUR L'AVICULTURE FRANÇAISE

**Harchaoui Souhil<sup>1</sup>, Wilfart Aurélie<sup>1</sup>, Blazy Vincent<sup>2</sup>, Péchenart Elodie<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>INRAE, UMR SAS, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes, France, <sup>2</sup>ITAVI, Rue Maurice le Lannou, 35000 Rennes, France, <sup>3</sup>ITAVI, 42 rue Georges Morel, 49070 Beaucozéz, France  
[souhil.harchaoui@inrae.fr](mailto:souhil.harchaoui@inrae.fr)

## RÉSUMÉ

Les logiques d'économies d'échelle et d'agglomération associées à la mondialisation des échanges ont conduit à un découplage géographique entre productions végétales et productions animales entraînant une ouverture des cycles biogéochimiques et de fortes pollutions (eaux, sols, air). L'une des voies proposées par la transition agroécologique, pour réduire les impacts environnementaux de l'agriculture, est de renforcer la connexion des systèmes de productions végétales et animales au-delà de l'exploitation, en privilégiant l'échelle des territoires. Face aux enjeux de transition agricole et aux prévisions de croissance des productions avicoles, l'aviculture peut jouer un rôle moteur dans la circularité des flux de matières et d'énergie dans les territoires. Dans ce contexte, l'objectif de cette synthèse est d'identifier et d'évaluer le potentiel de reconnexion entre filières avicoles et végétales au sein des territoires. Relativement peu d'analyses s'intéressent à la filière avicole dans les travaux de reconnexion. Afin d'illustrer ces potentialités de reconnexions, nous choisissons d'examiner les flux d'azote de la filière avicole à l'échelle de la France. Nos résultats mettent en perspective, à l'aide d'une quantification, les possibilités de réduction des fuites d'azote, d'amélioration de la valorisation des intrants et de minimisation de la dépendance aux intrants extérieurs. La transition agroécologique de l'aviculture passe par un changement de paradigme qui permet non seulement de décloisonner les filières, mais aussi de faire émerger un pilotage systémique de la circularité des flux de nutriments entre productions animales et végétales au sein des territoires.

## ABSTRACT

**Reconnecting livestock and crop systems with their territory to reduce the environmental footprint: challenges and opportunities for the poultry sector in France**

Economies of scale and agglomeration combined with trade globalization have led to the spatial decoupling of crop and animal production, resulting in the opening of biogeochemical cycles, and major pollution (water, soil and air). One of the ways suggested by the agro-ecological transition to reduce environmental impacts of agriculture is to strengthen the connection between plant and animal production systems beyond the farm, focusing on the scale of the territories. Faced with the challenge of agricultural transition and growth forecasts for poultry productions, poultry farming can play a driving role in the circularity of material and energy flows in the territories. In this context, the objective of this synthesis is to identify and evaluate the potential for reconnection between poultry and plant sectors within territories. Relatively few analyses address the poultry sector in studies on the reconnection. In order to illustrate the potential for reconnection, we choose to examine the nitrogen flows of the poultry industry at the French scale. Our results put into perspective, through quantification, the possibilities of reducing nitrogen losses, improving the valorization of inputs and minimizing the dependence on external inputs. Agro-ecological transition of poultry farming requires a paradigm shift that not only breaks down barriers between sectors, but also adopts a systemic management of nutrient flows between animal and plant productions within the territories.

## INTRODUCTION

Depuis la publication du rapport *Livestock's Long Shadow* (Steinfeld et al., 2006), les productions animales sont décrites au regard de leurs impacts sur l'environnement. Néanmoins, l'élevage contribue à la sécurité alimentaire et les perspectives agricoles tablent sur une augmentation de la consommation mondiale de protéines animales de 14% d'ici 2030 (OECD, 2021). Depuis plusieurs années, les systèmes intégrés de polyculture-élevage (*PCE ou Integrated Crop-Livestock Systems en anglais*) (Ryschawy et al., 2014) sont proposés comme une alternative plus durable pour les productions animales et répondant aux enjeux environnementaux (Schut et al., 2021). Les PCE sont des systèmes qui combinent productions de cultures et d'élevage sur un même espace d'exploitation ou groupe d'exploitations agricoles. L'objectif est de favoriser les synergies et les complémentarités des ateliers de productions en valorisant les sous-produits recyclés par les cultures et l'élevage au sein de l'exploitation tout en réduisant les déchets et émissions sortants du système. Il existe une diversité de systèmes PCE qui favorisent, avec des gradients d'intégration, la circularité des flux de nutriments et d'énergie dans l'agriculture. De nombreux travaux ont mis en évidence à l'échelle des exploitations agricoles (Bonaudo et al., 2014 ; Martel, 2017 ; Moraine et al., 2014), puis à l'échelle territoriale (Asai et al., 2018; Garrett et al., 2020; Moraine et al., 2019), les avantages environnementaux (Lemaire et al., 2014; Martin et al., 2016; Ryschawy et al., 2018) et économiques (Russelle et al., 2007; Wilkins, 2008) des PCE par rapport aux systèmes spécialisés qui restent majoritaires en Europe. Néanmoins, ces travaux analysent le plus souvent des systèmes de polyculture-élevage en lien avec des ruminants (Garrett et al., 2017) notamment des systèmes herbagers, mais encore très peu examinent le secteur avicole. Pourtant, dans les prévisions mondiales, l'aviculture affiche la plus grande croissance avec plus de 17.8% d'ici 2030 (OECD, 2021). Afin de concilier ces perspectives de croissance et réduction d'impacts environnementaux, il est impératif pour l'aviculture de s'approprier les principes des PCE. À travers l'exemple du cycle de l'azote dans le secteur avicole, cette synthèse propose un état de l'art sur les moyens de reconnecter les productions animales et végétales à l'échelle territoriale.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Construction du corpus d'études

Notre corpus d'étude s'est construit à l'aide de la méthode de critères d'évaluation PRISMA, qui est un protocole standard pour les revues systématiques (Moher et al., 2009). L'objectif de cette requête est de capturer l'ensemble des études examinant la

reconnexion des systèmes d'élevage et de grandes cultures à différentes échelles spatiales.

La chaîne de recherche ((crop-livestock systems OR coupled farming systems OR circular\* OR mixed farming OR cycl\* OR agroeco) AND (region\* OR territor\* OR landscape OR Area OR Land) AND (impact\* OR environment\* OR footprint) AND (livestock OR poultry) AND (tool OR method OR metabolism OR measure OR evaluat\*)) a été appliquée dans la base de données ISI Web of Knowledge. Cette recherche initiale a identifié 258 articles (août 2021) dont cinq revues approfondies. Cette liste a été réduite à 137 articles après analyse des titres, résumés et mots-clés afin de ne retenir que les articles ayant pour objet d'étude l'intégration ou le recouplage des productions végétales et animales.

### 1.2. Calcul des flux d'azote et de l'empreinte spatiale de la filière avicole

A partir des données statistiques de FAOSTAT (FAOSTAT, 2021), nous avons modélisé les flux d'azote et l'empreinte spatiale de la filière avicole à l'échelle de la France pour l'année 2018.

### 1.3. Flux d'azote

Les méthodes d'analyse des flux d'azote de la filière avicole nationale sont inspirées du cadre proposé par Uwizeye *et al.* (2016). Les flux sont reconstitués à partir des bilans alimentaires FAOSTAT exprimés en masse qui sont convertis avec des teneurs en azote par produits avicoles (FAO, 2001 ; Lassaletta et al., 2014). Les productions animales incluent les viandes de volailles de chair, les œufs et les reproducteurs. La composition des rations pour volailles, est reconstituée avec un intervalle d'estimation à partir des travaux de Cordier *et al.* (2020) et Harchaoui et Chatzimpiros (2017). L'origine des tourteaux de soja et de colza est déterminée à partir de bilans de disponibilités intérieures pour chaque catégorie à l'échelle nationale. Nous supposons que les autres matières premières (MP) (grains, coproduits, résidus de culture et sous-produits agro-industriels) sont produites localement en France. L'efficacité de rétention de l'azote des volailles est estimée à partir des données FAOSTAT. Les entrées d'azote nécessaires à la production d'aliments produits en France sont calculées en supposant une efficacité d'utilisation d'azote moyenne des cultures de 70% (Lassaletta et al., 2014) et une répartition moyenne entre engrais industriels, épandage d'effluents, fixation biologique d'azote et dépôt atmosphérique d'azote à l'échelle nationale (FAOSTAT, 2021).

### 1.4. Empreinte spatiale

L'empreinte spatiale correspond à la somme des surfaces nécessaires à l'alimentation des volailles (Harchaoui and Chatzimpiros, 2017). L'occupation directe des terres des bâtiments d'élevage est considérée comme négligeable. Les empreintes spatiales sont calculées en divisant la quantité de MP

consommées par le rendement agricole de la culture qui fournit ces produits alimentaires (FAOSTAT, 2021). Dans le cas particulier des coproduits (en particulier les tourteaux d'oléagineux), l'empreinte spatiale de la graine est répartie entre les différents coproduits issus de la transformation de la graine via l'utilisation d'un facteur d'allocation économique conformément aux recommandations EcoAlim (Wilfart et al., 2016).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 2.1. Analyse du corpus d'études

L'analyse de la littérature met en évidence un intérêt croissant pour l'étude des systèmes intégrés de polyculture-élevage avec un nombre de publications multiplié par trois ces dix dernières années (Figure 1). L'échelle « territoires » est une déclinaison plus récente et s'inscrit dans un changement de paradigme dans les cadres d'évaluation des systèmes alimentaires. Ces derniers considèrent cette échelle pertinente car elle permet d'exploiter les particularités des contextes d'actions sociales et écologiques (Wohlfahrt et al., 2019). Les PCE à l'échelle territoriale visent à favoriser des synergies d'échange de flux de nutriments entre systèmes de culture et effluents d'élevage entre différentes exploitations agricoles éloignées dans l'espace.

L'état de l'art souligne la capacité des systèmes PCE à préserver l'état des ressources et des compartiments naturels notamment eau, air et sol ainsi que la biodiversité tout en réduisant l'utilisation de ressources fossiles (Figure 1) dans différents contextes géographiques. L'intégration de systèmes de culture et d'élevage parvient à mieux maîtriser les fuites vers l'environnement que les systèmes spécialisés en organisant la circulation des flux de nutriments du sol vers les cultures puis vers l'élevage qui à leur tour fertilisent les sols. Certains travaux ont aussi démontré une augmentation des rendements culturaux dans les systèmes intégrés par rapport aux systèmes spécialisés (Garrett et al. 2017, Ryschawy et al. 2017). Au-delà des impacts environnementaux, de nombreuses recherches ont souligné les impacts économiques et sociaux des PCE ainsi que les freins et leviers politiques nécessaires pour inciter ce type de pratiques (Garrett et al. 2020). En effet, l'intégration permet alors de réduire la demande d'intrants extérieurs, dont l'usage des pesticides (Asai et al. 2018), et donc le coût économique associé pour les exploitants. Malgré les avantages multiples des PCE, ils peuvent être plus complexes à exploiter et à gérer (Asai et al. 2018) et restent minoritaires et en voie de diminution dans les pays développés (Schut et al. 2021). Les PCE sont davantage étudiés sur les élevages bovins et petits ruminants que sur les monogastriques. En effet, les prairies sont un atout pour coupler les PCE chez les ruminants. Ainsi, tous les leviers de

recouplage identifiés ne sont pas directement applicables à l'aviculture.

### 2.2. Flux d'azote et empreinte spatiale de la filière avicole en France

La figure 2 présente le schéma simplifié des flux d'azote dans la filière avicole en France en distinguant cinq maillons de la filière : alimentation animale, production et gestion des effluents, abattoirs, transformations et consommation nationale. Les productions avicoles représentent aujourd'hui environ 54ktN par an répartis entre 65% sous la forme de viande et 35% d'œufs. Elles comptent pour 18% des productions animales sur la base N (en comptant viandes et lait) en France. L'efficacité de rétention d'azote en produits avicoles est estimée à 25% à l'échelle de la France. L'alimentation des volailles représente 262ktN constituée principalement de MP concentrées. Un peu moins de la moitié du contenu azoté de l'alimentation des volailles (soit 130ktN) est composée de tourteaux d'oléagineux importés, pour plus de 65% en provenance du Brésil pour le soja (FAOSTAT, 2021). Une dépendance indirecte de la filière avicole se situe en amont de la production de l'alimentation animale sous la forme d'engrais industriels azotés estimés à 123ktN, ce qui représente 6% de l'utilisation nationale de fertilisants minéraux. Les pertes d'azote le long de la filière sont estimées à 148ktN par an réparties essentiellement dans l'étape de fertilisation de l'alimentation animale (35%) et dans la gestion des effluents (65%). Notre calcul est optimiste puisqu'il considère que 100ktN des fumiers et fientes de volailles sont actuellement valorisés (estimations de la FAO). Une partie des déjections des volailles participe à la fertilisation des cultures pour leur alimentation, mais les données statistiques disponibles ne nous permettent malheureusement pas de calculer cette part. En résumé, la dépendance de la filière à l'importation de tourteaux et les pertes dans les productions animales et la gestion des effluents sont les premières opportunités de bouclage des cycles d'azote à l'échelle nationale. S'ajoutent à cela les échanges internationaux de plus de 15ktN d'importations et 16ktN d'exportations typiques de l'industrie avicole en Europe qui participent au découplage des flux de nutriments entre pays.

L'empreinte spatiale de l'alimentation animale est un autre indicateur de l'impact environnemental de la filière avicole (Tableau 1). Elle est estimée à 2.1-2.6 million d'hectares (Mha), dont la moitié à l'étranger, soit l'équivalent de 7-9% de la surface agricole utile en France, proche des valeurs estimées par Dourmad *et al.*, 2019. Notons que cette comparaison est biaisée parce qu'elle ne tient pas compte du différentiel de rendement agricole qui est de 20-25% par exemple entre la France et le Brésil pour le soja.

### **3. POTENTIELS DE RECONNEXION À DIFFÉRENTS MAILLONS DE LA FILIÈRE**

Les flux de chaque maillon d'une filière disposent d'un potentiel de reconnexion propre. L'expression de ce dernier passe par l'augmentation de l'efficacité dans son utilisation des ressources à travers un meilleur bouclage des flux. Cette logique peut aussi bien s'appliquer à l'échelle d'un ou plusieurs maillons. Dans cette partie, nous déclinons maillon par maillon une illustration non exhaustive de solutions applicables à l'aviculture.

#### **3.1. Intrants d'élevage**

L'aliment est le principal intrant des élevages. D'origine végétale, il présente un potentiel de reconnexion important et atteignable à travers plusieurs leviers. L'indice de consommation (IC), qui rend compte de l'efficacité de conversion d'aliment en poids vif (PV), peut être amélioré par la génétique des animaux et les performances zootechniques des élevages. Par exemple, en poulet de chair, cet indicateur a diminué de 0.24 kg d'aliment/ kgPV) entre les années 2000 à 2020 (ITAVI, 2020). Ces dernières années, l'IC tend à se stabiliser et pourrait même se dégrader avec l'émergence de systèmes de production intégrant des souches à croissance intermédiaire. La nature des MP offre des possibilités de reconnexion par la valorisation de sous-produits issus de filières connexes. Le gain est d'autant plus intéressant (amélioration de l'IC) quand on substitue des protéines animales transformées (règlement UE 2021/1372) à des protéines végétales. Enfin, l'origine des MP (notamment protéique) et la production d'aliment à la ferme sont des leviers de reconnexion supplémentaires, bien que partiels au regard de la complexité des formulations actuelles. Afin d'utiliser simultanément ces deux derniers leviers, l'aménagement des parcours pourrait être orienté vers la production d'aliments in-situ (vers, insectes, végétaux...). Des travaux préalables en fermes expérimentales ont démontré qu'un parcours aménagé peut représenter jusqu'à 10% des matières sèches ingérées (par jour) et améliorer l'IC de 0.08 à 0.21 selon les saisons (projet Secalibio, 2019). Les leviers qu'offrent l'origine et la nature des MP sont applicables à d'autres intrants d'élevages comme les matériaux de litière ou l'énergie (méthanisation, combustion de biomasse...). Cela implique une orientation des systèmes culturels aussi bien dans le choix des variétés que des assolements des surfaces agricoles disponibles. Face à ces différents usages, la biomasse doit être envisagée comme un capital à raisonner pour trouver un équilibre inter-filières.

#### **3.2. Atelier de production et gestion des effluents**

La chaîne de gestion des effluents offre de nombreux leviers pour améliorer le bouclage des cycles et la reconnexion avec d'autres filières. Pour cela une approche systémique doit être appliquée au bâtiment, au stockage et jusqu'au retour au sol (direct ou post-traitement) des effluents. Pour le poste bâtiment, limiter les intrants alimentaires est un des plus puissants leviers. On considère que 50-70 % de l'azote ingéré se retrouve dans les déjections des volailles. Une fois excrété au bâtiment, l'azote peut occasionner des fuites sous formes gazeuses. La conservation de fumier sec (i.e. supérieur à 60% de matières sèches), le séchage de fientes et l'extraction fréquente des lisiers sont les leviers les plus utilisés pour limiter la volatilisation. Au stockage, une mise en tas des effluents solides et la couverture des effluents liquides sont à recommander. Enfin, pour l'épandage l'enfouissement des effluents doit être réalisé dans les plus brefs délais. Les solutions de gestion collective des effluents offrent un potentiel de reconnexion multifilière et générateur de valeur ajoutée. Cette plus-value peut être redistribuée dans i) des systèmes de traitements plus propres et plus conservatifs qu'un éleveur seul ne pourrait financer, ii) une exportation plus lointaine et plus diversifiée des flux de nutriments (Le Houérou, 2020).

#### **3.3. Abattoirs**

L'abattoir est un élément central de la filière et un goulot d'étranglement, puisqu'il va rassembler et transformer les volailles en produits prêts à consommer et générer de nombreux co- et sous-produits et déchets. Ces différents sortants sont répartis en trois catégories (Wilfart et al., 2021) : C1 (contaminants environnementaux, résidus de produits toxiques et d'Encéphalopathie Spongiforme Bovine), C2 (contenus digestifs) et C3 (coproduits sans risques sanitaires). La catégorie C3 a trois usages principaux : les protéines animales transformées, les corps gras animaux et les aliments humides pour la petfood. Pour la France, un tiers des C3 proviennent de la volaille (Réséda, 2017). Les produits des catégories C1 et C2 sont à destination de la valorisation agronomique et énergétique. Cependant, la répartition des volumes par espèces dans les différents usages est peu disponible. Une meilleure connaissance des volumes et usages permettrait de mieux évaluer les possibilités de fermeture des cycles de nutriments à ce niveau.

#### **3.4. Consommation nationale et échanges internationaux**

Les échanges internationaux d'animaux vivants et de produits finis participent au découplage géographique des cycles de nutriments et entravent le recyclage des éléments nutritifs. À chaque volume d'échange international physique de produits animaux ou animaux vivants sous-tend également un commerce virtuel de ressources naturelles associées à la production de ces animaux et donc une

empreinte alimentaire environnementale (Harchaoui and Chatzimpiros, 2017 ; Leip et al., 2015). Ces volumes d'échanges internationaux sont seulement induits par des logiques économiques sans tenir compte des coûts environnementaux associés. Du point de vue des flux d'azote (Figure 2), les importations et exportations agrégées de la France sont à peu près équivalentes autour de 15kTN par an. Cependant les types de produits sont très différents avec d'une part l'importation de produits découpés issus de poulets lourds (environ 2.5 kg de PV à l'abattage) et d'autre part du poulet export (de 1.4 kg de PV à l'abattage). Le bilan des échanges du secteur avicole en France s'est dégradé ces 20 dernières années (FranceAgriMer, 2021). Depuis 2016, le bilan d'échange des viandes de volaille est négatif en faveur d'une augmentation des importations. Alors que la France est un exportateur net d'animaux vivants de volailles, les volumes d'importations de viandes de volaille représentent plus de 37% de la consommation nationale en 2018 comparés à moins de 10% en 2000 (FAOSTAT, 2021). Le calcul des échanges nets entre flux entrants et sortants ne suffit pas pour évaluer les déséquilibres sur les cycles de l'azote. Il faut estimer les échanges totaux (somme des valeurs absolues des exportations et importations) (Harchaoui and Chatzimpiros, 2017). Dans le cas de la France, les échanges nets sont proches de 0 kTN alors que les échanges totaux sont à 31kTN soit plus de la moitié de la production nationale. Il s'agit donc pour le secteur avicole français de réorganiser la production en France et en coordination avec les partenaires européens pour qu'elle soit en adéquation avec les consommations françaises de produits avicoles. Ceci permettrait de limiter les entrées et les fuites de nutriments.

#### **4. APPROCHE SYSTEMIQUE D'UNE TRANSITION VERS UNE AVICULTURE CIRCULAIRE**

À partir des diagnostics précédents, cette partie explore une diversité de chemins de transitions.

##### **4.1. Compromis entre autonomie protéique, empreinte spatiale, circularité des flux et attentes sociétales**

Les PCE qui sont l'un des leviers pour améliorer la circularité des flux, ont pour objectif d'augmenter l'autonomie des exploitations, en particulier pour l'intrant alimentaire. L'autonomie protéique est définie comme la part des besoins en protéines des ateliers d'élevage qui est couvert par la production végétale de l'exploitation. Rappelons qu'au moins 1.25 Mha de SAU supplémentaire (plus de 4 % de la SAU nationale) devrait être dédiée à l'alimentation des volailles pour assurer l'autonomie protéique de la filière avec les rendements actuels de soja en France. De plus, ce déficit cache des situations contrastées. Certaines exploitations sont dans des schémas

d'import/ export de l'intégralité de leurs aliments/ effluents alors que d'autres sont proches d'une autonomie protéique. Les disponibilités en termes de SAU nationale et la spécificité des formes et le contenu des intrants alimentaires font que la PCE ne peut, en l'état, être déclinée à l'ensemble des ateliers avicoles. Toutefois, l'organisation des filières de production peut être un atout en vue de traiter cette problématique dans une approche territoriale. Cette nouvelle dimension peut offrir une réorganisation équilibrée des flux d'aliments, d'effluents et de litières à une échelle géographique supérieure. Le tableau 2 présente des exemples pour produire une plus grande partie des MP alimentaires à la ferme ou dans des synergies collectives territorialisées. Le choix entre ces différentes solutions est fonction du contexte : SAU disponible sur l'exploitation, appartenance à un organisme de production ou à une coopérative. Souvent ces initiatives sont la conséquence de cahiers des charges qui mettent en avant des aspects qualitatifs des MP alimentaires (provenance, sans OGM ou encore non déforestant). Ces clauses de production induisent une relocalisation, à minima partielle, des productions animales et végétales. Aujourd'hui l'autonomie protéique se trouve concurrencée par d'autres usages de la biomasse (énergies et litières).

Par ailleurs, d'autres tensions apparaissent entre le bouclage des flux et l'intégration d'autres contraintes de production, comme les aspects réglementaires, ou les attentes sociétales en matière de bien-être animal. Entre 2000 et 2020, les effectifs de poules pondeuses ayant accès à un parcours sont passés d'environ 16 à 50%. D'après le BREF (2017), les élevages sur parcours émettraient 10% d'ammoniac en plus comparés à des systèmes claustrés.

La solution la plus adaptée pour une transition vers une aviculture plus circulaire doit toujours être trouvée en concertation avec les acteurs locaux et adaptée aux contraintes des territoires et des filières impliquées. Cela passe par l'identification et la quantification des gains environnementaux et/ ou économiques de ces nouvelles façons de produire.

##### **4.2. Enjeux de gouvernance territoriale**

La transition agroécologique des filières avicoles nécessite la mise en œuvre d'innovations techniques et de changements organisationnels impliquant des formes nouvelles de gestion collective et de gouvernance territoriale. Les illustrations précédentes montrent la nécessité de développer les efforts de recherche dans la modélisation de l'articulation des changements par les filières et ceux engagés par les territoires. En effet, un ensemble d'exploitations optimisées n'est pas l'assurance d'un territoire optimisé.

Cette gouvernance territoriale nécessite alors de se doter d'outils pour anticiper les changements à très long terme pour pouvoir piloter et adapter les chemins de transition en favorisant les interactions

entre les ateliers volailles et les autres systèmes agricoles dans le territoire. Cette réorganisation doit pouvoir être pilotée avec des approches ascendantes et descendantes (Garrett et al., 2020 ; Lasseur et al., 2019). Des analyses récentes ont montré l'intérêt de donner ce rôle à un acteur tiers qui soit responsable de l'organisation des flux et l'usage des sols agricoles ou de promouvoir des systèmes de gouvernance multi-niveaux pour renforcer la coordination entre filières et territoires (Madelrieux et al., 2017). Ce rôle ne peut être directement porté par les aviculteurs à l'instar des PCE en système ruminant (déficit structurel de SAU, peu de maîtrise sur l'aliment). Il ne peut être non plus uniquement porté par la filière avicole qui dans son modèle intègre à la marge la gestion des effluents et les productions végétales. Dès lors, il ne reste pour porter cette transition qu'un consortium de filières agricoles soutenus par les coopératives et les politiques. Ces changements d'organisation dans l'espace et dans le temps peuvent aussi être facilités par l'accès et le partage des données sur les ressources et flux de nutriments, détaillant les quantités, qualités et spatialisations, qui seraient publiées par des observatoires à l'échelle du territoire. Pour l'aviculture, les chemins de

transitions doivent intégrer des approches multicritères, allant au-delà des impacts sur les cycles biogéochimiques et du cycle de l'azote mis en avant dans cette synthèse, mais aussi les impacts sur l'usage des sols, de l'eau, énergétiques et économiques. L'amélioration des méthodes d'évaluations, notamment de l'analyse de cycle de vie, pour mieux intégrer les contraintes et les perspectives des différentes échelles locale, nationale et filière est une priorité dans la mise en œuvre de la transition agroécologique (Figure 3).

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

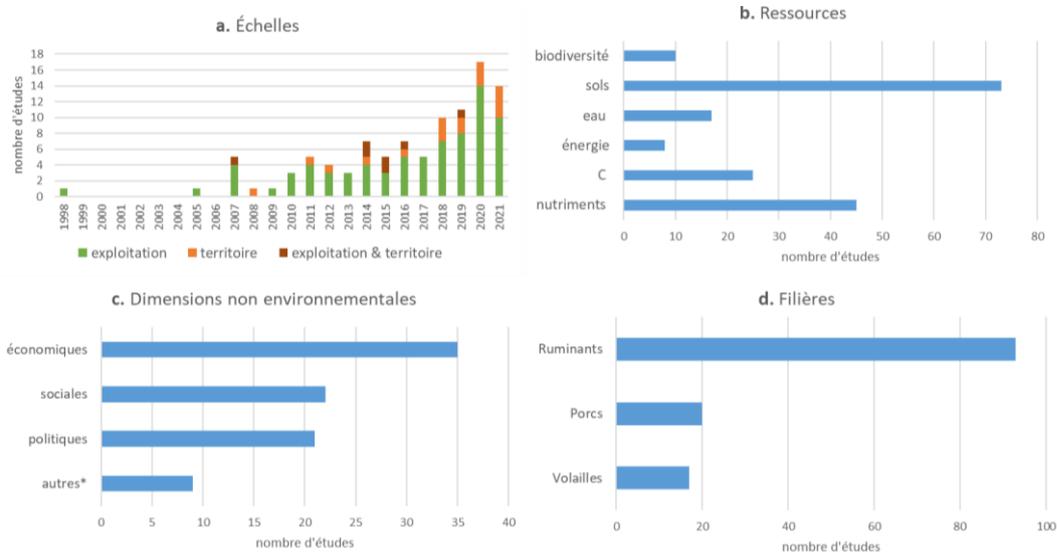
Les enjeux de transition agroécologique conduisent à identifier les postes de gestion des effluents et de l'alimentation animale comme les principaux leviers de reconnexion entre systèmes d'élevage et systèmes de cultures aux échelles de l'exploitation et des territoires. Cette mise en pratique d'une reconnexion en aviculture nécessite une concertation multi-acteurs et un décloisonnement des filières pour faire émerger un pilotage systémique de circularité des flux de nutriments entre grandes cultures et élevage.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

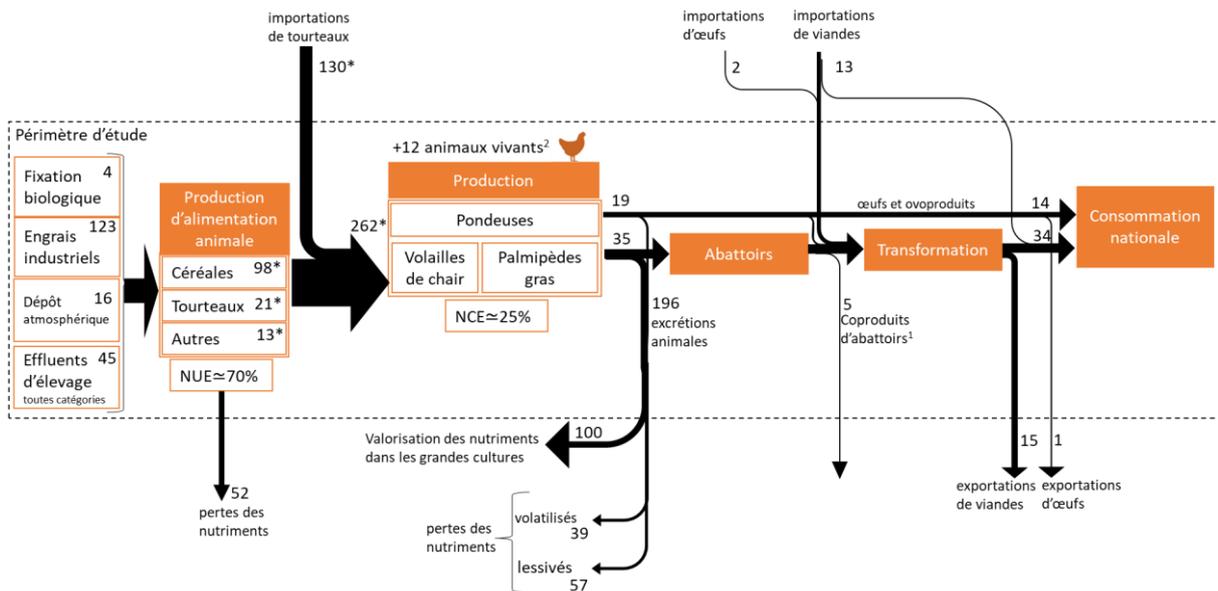
- Agreste, 2013. L'alimentation animale, principale destination des productions végétales (No. 208), Collection Agreste Primeur. Agreste - La statistique agricole, Montreuil-sous-Bois.
- Asai, M., Moraine, M., Ryschawy, J., de Wit, J., Hoshide, A.K., Martin, G., 2018. Land Use Policy 73, 184–194.
- Bonaudo, T., Bendahan, A.B., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon, S., Leger, F., Magda, D., Tichit, M., 2014. Eur. J. Agron. 57, 43–51.
- Brachet, M., Germain, K., 2019. Parcours à haute valeur protéique, essais conduits sur volailles de chair à l'INRA du Magneraud. Casdar Secalibio (2015- 2019).
- BREF élevage, 2017. Décision d'exécution (UE) 2017/302 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles pour l'élevage intensif de volailles ou de porcs. JO de l'UE du 21/02/2017. L43/231 – L43/279.
- Cordier, C., Saille, M., Courtonne, J.Y., 2020. Analyse des flux de matières premières en alimentation animale en France. GIS Avenir Elevage.
- Dourmad, J.-Y., Guilbaud, T., Tichit, M., Bonaudo, T., 2019. INRA Prod. Anim. 205–220
- FAO, 2001. FOOD BALANCE SHEETS - A Handbook, Food and Agriculture Organization of the United Nations., Rome.
- FAOSTAT, 2021. FAO statistical database. The Food and Agriculture Organization of the United Nations., Rome.
- FranceAgriMer, 2021. Compétitivité de la filière française volaille.
- Garrett, R.D., Niles, M.T., Gil, J.D.B., Gaudin, A., Chaplin-Kramer, R., Assmann, A., Assmann, T.S., Brewer, K., de Faccio Carvalho, P.C., Cortner, O., Dynes, R., Garbach, K., Kebreab, E., Mueller, N., Peterson, C., Reis, J.C., Snow, V., Valentim, J., 2017. Agric. Syst. 155, 136–146.
- Garrett, R.D., Ryschawy, J., Bell, L.W., Cortner, O., Ferreira, J., Garik, A.V.N., Gil, J.D.B., Klerkx, L., Moraine, M., Peterson, C.A., dos Reis, J.C., Valentim, J.F., 2020. Ecol. Soc. 25, art24.
- Harchaoui, S., Chatzimpiros, P., 2017. Land Use Policy 67, 378–386.
- ITAVI, 2013. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles, 63p.
- ITAVI, 2020 Performances techniques et coûts de production en volailles de chair, résultats 2019, 35p.

- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Garnier, J., Leach, A., Galloway, J., 2014. *Biogeochemistry* 118, 225–241
- Lasseur, J., Bonaudo, T., Choisis, J.-P., Houdart, M., Napoléone, M., Tichit †, M., Dedieu, B., 2019. *INRA Prod. Anim.* 189–204.
- Le Houérou, A., 2020. Mémoire de stage : Évaluation d'un modèle d'économie circulaire appliqué à l'élevage avicole. Université de Rouen, 53p.
- Leip, A., Billen, G., Garnier, J., Grizzetti, B., Lassaletta, L., Reis, S., Simpson, D., Sutton, M.A., de Vries, W., Weiss, F., Westhoek, H., 2015. *Environ. Res. Lett.* 10, 115004.
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P.C. de F., Dedieu, B., 2014. *Agric. Ecosyst. Environ.* 190, 4–8.
- Madelrieux, S., Buclet, N., Lescoat, P., Moraine, M., 2017. *Cah. Agric.* 26, 24001
- Martel, 2017. *Fourrages*, 231, 235-245.
- Martin, G., Moraine, M., Ryschawy, J., Magne, M.-A., Asai, M., Sarthou, J.-P., Duru, M., Therond, O., 2016. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 53.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., *BMJ* 339, b2535–b2535.
- Moraine, M., Duru, M., Nicholas, P., Leterme, P., Therond, O., 2014. *Animal* 8, 1204–1217.
- Moraine, M., Ramonteu, S., Magrini, M.-B., Choisis, J.-P., 2019. *Innovations Agronomiques* 72, 45-59.
- OECD, 2021. *OECD-FAO Agricultural Outlook. 2021-2030.*
- Réséda, 2017. *Enquête 2017: Gisements et valorisations des coproduits des industries agroalimentaires*, 121p.
- Russelle, M.P., Entz, M.H., Franzluebbers, A.J., 2007. *Agron. J.* 99, 325–334.
- Ryschawy, J., Benoit, M., Hostiou, N., Delfosse, C., 2018. *INRA Prod. Anim.* 30, 363–380.
- Ryschawy, J., Joannon, A., Gibon, A., 2014 *Cah. Agric.* 23, 346–356.
- Ryschawy, J., G. Martin, M. Moraine, M. Duru, and O. Therond. 2017. *Nutr Cycl Agroecosyst* 108:5-20.
- Schut, A.G.T., Cooledge, E.C., Moraine, M., Van De Ven, G.W.J., Jones, D.L., Chadwick, D.R., 2021. *Front. Agric. Sci. Eng.* 8, 111.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, Rosales, M., de Haan, C., 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Uwizeye, A., Gerber, P.J., Schulte, R.P.O., de Boer, I.J.M., 2016. *J. Clean. Prod.* 129, 647–658.
- Wilfart, A., Espagnol, S., Dauguet, S., Tailleur, A., Gac, A., Garcia-Launay, F., 2016 *PloS One* 11.
- Wilfart, A., Gac, A., Salaiün, Y., Aubin, J., Espagnol, S., 2021. *Clean. Environ. Syst.* 2, 100028.
- Wilkins, R.J., 2008. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 363, 517–525.
- Wohlfahrt, J., Ferchaud, F., Gabrielle, B., Godard, C., Kurek, B., Loyce, C., Therond, O., 2019 *J. Clean. Prod.* 232, 898–909

**Figure 1.** Classification des études portant sur les systèmes de polyculture-élevage selon (a). les échelles (b). les ressources (c). les dimensions non environnementales (d). les filières. \*La catégorie Autres dans le panel (c) inclut les études qui portent sur d'autres dimensions telles que la gestion des connaissances des agriculteurs, les stratégies de contrôle des mauvaises herbes, la santé et le bien-être animal

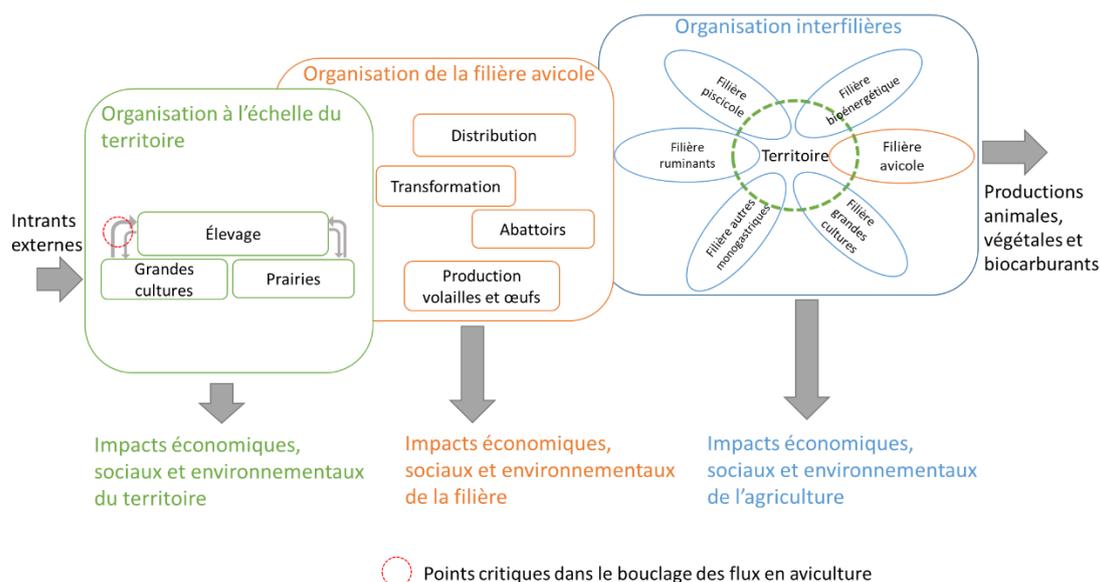


**Figure 2.** Schéma simplifié des flux d'azote exprimés en  $\text{ktN}\cdot\text{an}^{-1}$  à l'échelle de la France pour l'année 2018. NUE et NCE sont respectivement l'efficacité d'utilisation de l'azote des cultures et l'efficacité de rétention de l'azote des aliments par les volailles. <sup>1</sup>Les flux associés aux sous-produits d'abattoirs sont assortis d'une plus grande incertitude. Les pertes dans la distribution et la consommation ne sont pas incluses par manque de données. <sup>2</sup>Azote stocké dans les effectifs en cours de production.



\*Flux d'alimentation animale estimés à partir de Harchaoui et Chatzimpiros (2017). Voir Tableau 1 pour l'estimation à partir de Cordier et al. (2020)

**Figure 3.** Différents niveaux d'organisation des échanges de flux (territoire, filière et inter-filières)



**Tableau 1.** Composition de l'alimentation animale des productions avicoles en France et empreinte spatiale pour l'année 2018. L'intervalle de calcul est estimé selon (Harchaoui et Chatzimpiros, 2017) et (Cordier et al. 2020).

<sup>1</sup>Autres produits incluent aliments concentrés d'origine animale, additifs et sels minéraux.

Alimentation animale	ressources	contenu azoté	part N importé	empreinte spatiale en France	empreinte spatiale à l'étranger	empreinte spatiale totale
catégories	000 t matière sèche à 85%	kT N	%	Mha	Mha	Mha
Céréales	[4 938 ; 7 572]	[98 ; 114]	0	[0,81 ; 1.24]	0,00	[0,81 ; 1.24]
Oléoprotéagineux	[211 ; 346]	[8 ; 12]	46	[0,05 ; 0.09]	[0,03, 0.04]	[0,09 ; 0.13]
Tourteaux	[2 113 ; 2 482]	[149 ; 153]	86	[0.20 ; 0.24]	[0,96, 0.99]	[1,17 ; 1.23]
Autres produits <sup>1</sup>	[500 ; 920]	[5 ; 22]	ND	ND	ND	ND
Total	[7 761 ; 11 320]	[262 ; 301]	50	[1,07 ; 1.57]	[0,99 ; 1.03]	[2,06 ; 2,60]

**Tableau 2.** Exemple de stratégies pour améliorer l'autonomie alimentaire des exploitations avicoles

Stratégie	Descriptif
<b>Le « mouture à façon »</b>	Les organismes de production ou coopératives peuvent proposer à leur adhérents un rachat de leurs céréales (maïs ou blé) à un prix fixe convenu pour une certaine durée, souvent 5 ans, ainsi l'aviculteur envoie sa céréale brute et reçoit en échange des granulés (contenant environ 30 à 40% de la céréale cultivée). Ce système permet en outre d'amortir les fluctuations des prix des matières premières qui sont néfastes à l'ensemble de la filière.
<b>Production d'une part de la ration à la ferme</b>	Certains fabricants d'aliments à la ferme produisent une partie de la ration à la ferme (des céréales pour environ 60%) et achètent au fabricant d'aliments des compléments alimentaires (40% de la ration). Cas des éleveurs de poulet label rouge dans le sud-ouest.
<b>Production d'une part de la ration à la ferme</b>	Pour les éleveurs de poules pondeuses, une alimentation alternée sur 24 h, par exemple blé entier le matin et compléments alimentaires l'après-midi est envisageable, cette solution ne nécessite pas d'investissement en matériel de granulation (granulation non nécessaire).
<b>Production de l'intégralité de l'alimentation à la ferme</b>	Ce modèle existe presque uniquement pour les éleveurs de poules pondeuses qui n'ont pas besoin de granulés, l'exploitant dispose de silos de ses céréales, de CMV (Composés Minéraux et Vitamines), et de concentrés protéinés et réalise lui-même son mélange. Il n'est pas nécessaire d'être dans un OP ou une coopérative pour mettre en place ce système.