



**HAL**  
open science

## La réintroduction de l'élevage dans un territoire spécialisé en grande culture est-elle durable? Evaluation multicritère de scénarios de recouplage. Innovations

- Emonet E., Virginie Seguin, M. Rougier, Sonia Ramonteu, L. Sagot, Lionel Jouy, Y. Carel

### ► To cite this version:

- Emonet E., Virginie Seguin, M. Rougier, Sonia Ramonteu, L. Sagot, et al.. La réintroduction de l'élevage dans un territoire spécialisé en grande culture est-elle durable? Evaluation multicritère de scénarios de recouplage. Innovations. Innovations Agronomiques, 2019, 72, pp.163-179. 10.15454/CQS3WD . hal-02624127

**HAL Id: hal-02624127**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02624127v1>**

Submitted on 26 May 2020

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

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



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

## **La réintroduction de l'élevage dans un territoire spécialisé en grande culture est-elle durable ? Evaluation multicritère de scénarios de recouplage**

**Emonet E.<sup>1</sup> et Seguin V.<sup>1</sup>**

Avec la collaboration de Rougier M., Ramonteu S. (ACTA), Sagot L. (IDELE),  
Jouy L., Carel Y. (ARVALIS Institut du végétal)

<sup>1</sup> ACTA, Direction Scientifique Technique et Innovation, Station expérimentale ARVALIS, F-91720 Boigneville

**Correspondance** : emeric.emonet@acta.asso.fr

### **Résumé**

Coupler productions animales et végétales à l'échelle d'une exploitation ou d'un territoire contribuerait à améliorer leur durabilité (bouclage des cycles des nutriments, circularité des ressources, résilience face aux aléas climatiques ou de marché, moindre dépendance aux intrants, création d'emploi,...), mais au sein de territoires spécialisés en grande culture, le recouplage culture-élevage n'est pas vraiment constaté. Une étude de faisabilité a été menée avec comme objectifs (i) d'imaginer des voies de réintroduction possibles de l'élevage, i.e. acceptables par les acteurs concernés, dans un territoire spécialisé en grande culture, (ii) d'évaluer en multicritère à l'échelle des exploitations et si possible à l'échelle du territoire la durabilité des scénarios imaginés. Ceux-ci s'appuient sur la création d'ateliers d'élevage collectifs bovin ou ovin, en interaction avec des exploitations céréalières du territoire. Si l'impact semble être quasiment neutre sur les aspects technico-économiques de l'exploitation céréalière, le scénario basé sur l'introduction d'un atelier ovin présente un niveau d'interaction plus élevé entre ateliers grâce à l'insertion de la luzerne dans l'assolement du système céréalière et le pâturage des moutons pendant les intercultures, et un profil de durabilité intéressant en améliorant le bilan humique des sols.

La démarche réalisée pour le diagnostic du territoire et l'évaluation de la durabilité par le calcul d'indicateurs de performances nourrit les réflexions du RMT ERYTAGE et trace quelques perspectives pour consolider la boîte à outils de l'évaluateur.

**Mots-clés** : Scénario, Recouplage Culture-élevage, Evaluation multicritère, Atelier collectif, Durabilité des systèmes, Territoire.

**Abstract:** Is the transition of agricultural systems towards breeding systems introduction in a territory specialized in arable crops is sustainable? Multi-criteria assessment of recoupling scenarios.

Breeding offers lots of qualities complementary with crop production. But is the addition of both of these productions really sustainable? This article presents results of a feasibility study of coupling the breeding and the crop productions in a territory specialized in crop productions. After diagnosis of the agricultural rules of this territory, we identify relevance ways to reintroduce breeding. It leads to identify scenarios based on collective breeding of cattle or sheep units, separated from crops systems, but interacting with them. The breeding and the crops interact together by flows of food from the crop productions to the breeding, and flow of fertilizers from breeding to the crops.

Thanks to multi-criteria assessments tools, the farms are estimated about social, environmental and economic sustainability indicators. The results allow to define the farm's situation before and after reintroduction of breeding in the territory.

Results reveal almost neutral effects on the technical and environmental aspects of the grain farm, except in "sheep" scenario. Indeed, the ovine breeding modifies the crop rotation system and includes the sheep's pasture, which allows a stronger interaction and an improvement of organic soil balance.

The methodology process is discussed on methods, indicators, multi-criteria assessment tools used.

**Keywords:** Scenario, Breeding-crop Recoupling, Multi-criteria assessment, Collective breeding system, Sustainable farming, Territory.

## 1. Introduction

Les systèmes agricoles sont confrontés à divers enjeux économiques, environnementaux, sociaux et sociétaux qui incitent à modifier les pratiques et les schémas de production. On peut penser que le couplage entre élevage et culture s'inscrit dans une démarche agro-écologique favorable à la durabilité des systèmes agricoles par les synergies attendues entre ateliers : fertilité des sols améliorée grâce aux effluents d'élevage, sources de réduction du recours aux engrais minéraux, alimentation des animaux par les productions céréalières,... La problématique consiste à vérifier l'hypothèse selon laquelle la complémentarité entre productions animales et végétales permettrait aux agriculteurs de réduire l'impact de leurs activités sur l'environnement et d'améliorer les performances économiques de leur exploitation et/ou du territoire.

Mais dans des territoires où l'élevage a disparu pour laisser place à des productions végétales à plus haute valeur ajoutée et moins gourmande en main d'œuvre, la question est de savoir comment la réintroduction de systèmes d'élevage est possible, sous quelle forme, avec quelles performances ? L'étude conduite dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude (Seguin, 2015) dont les principaux résultats sont présentés dans cet article, propose de vérifier l'hypothèse dans un territoire d'étude par une démarche d'évaluation qui combine diagnostic territorial, construction de scénario, et simulation multicritère. L'autre objectif de l'étude est de mesurer les difficultés méthodologiques pour conduire cette démarche.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Choix et diagnostic du territoire

Le territoire d'étude retenu, la petite région agricole du Pithiverais dans la Beauce, est un territoire spécialisé en grande culture dans lequel l'élevage notamment ovin était une production traditionnelle. Démarrée avec la révolution verte, la disparition progressive de l'élevage s'est accélérée avec la hausse des cours des céréales, la baisse de rentabilité des productions animales, l'augmentation de certaines contraintes de production : diminution de la main d'œuvre familiale sur les exploitations, mise aux normes des bâtiments d'élevage. Les agriculteurs ont ainsi abandonné l'élevage au profit des productions végétales. La filière élevage s'est délitée peu à peu entraînant la perte totale de débouché et de compétitivité du secteur. Aujourd'hui l'élevage est très minoritaire dans cette zone, il ne représente que 5 % des exploitations. Le territoire s'étend sur un rayon de 30 km autour de Pithiviers. Même s'il compte une pluralité d'acteurs agricoles, il se caractérise par une certaine homogénéité et stabilité des systèmes de production agricoles présents. Il présente ainsi des critères intéressants pour l'étude en termes de solutions innovantes à trouver et de mise en mouvement des acteurs de terrain pour les éprouver.

Pour avoir une vision globale du territoire, comprendre son fonctionnement et dans l'optique de proposer des propositions en cohérence avec les attentes des acteurs, nous nous sommes appuyés sur une analyse bibliographique et des rencontres avec les principaux acteurs ruraux présents. Le questionnaire d'enquête a permis de comprendre l'historique de la zone d'étude, son fonctionnement et sa situation présente, faire exprimer les acteurs sur leur vision de l'avenir, leur perception de la notion de durabilité, les opportunités de projets agricoles sur le secteur d'étude et les voies de diversification qu'ils imagineraient, dont la réintroduction de l'élevage. Nous nous sommes inspirés de plusieurs méthodes (ARDI, analyse PESTEL, diagnostic SWOT) pour notamment comprendre le territoire et approcher son métabolisme : identification des acteurs et des interactions entre eux, dynamiques de projets, ressources disponibles, quantification de flux de matière.

La population enquêtée était composée :

- D'agriculteurs aux systèmes de culture représentatifs du territoire (grande culture) ou aux productions diversifiées (élevage, agriculture biologique, vente directe...) : 10 agriculteurs à dominante céréalière enquêtés, dont 7 au profil 'conventionnel', 1 converti à l'Agriculture Biologique, 2 engagés dans le réseau DEPHY Ferme<sup>1</sup>.
- Des principaux acteurs du territoire ayant un rôle direct ou indirect avec l'agriculture locale :

Organisme	Type de structure
Chambre d'agriculture du Loiret	Organisation Professionnelle Agricole
Cultivons l'Avenir du Pithiverais	Association de développement et d'animation de l'agriculture locale
Cœur du Pithiverais	Communauté de communes
Beauce gâtinais en Pithiverais	Syndicat de pays
Union Des Entreprises du Loiret	Organisation patronale
Agropithiviers	Coopérative céréalière
Coopérative de Boisseaux	Coopérative céréalière
Coopérative de Puisseaux	Coopérative céréalière
Sucrierie Crystal Union	Coopérative de transformation de la betterave sucrière
SIDESUP	Usine de déshydratation de luzerne
CYALIN	Coopérative d'élevage
Ecomouton	Entreprise d'écopâturage

## 2.2 Scénarisation et évaluation multicritère

Des scénarios de réintroduction d'élevage ont été élaborés par expertise en tenant compte des contraintes indiquées par les acteurs lors des enquêtes. L'expertise technique d'ingénieurs d'instituts techniques (ARVALIS-Institut du végétal, IDELE) ou de chambre d'agriculture (Chambre d'agriculture de la Creuse) a été mobilisée pour cette étape.

Avant de simuler l'impact d'une réintroduction d'élevage sur les exploitations céréalières, un système de grande culture représentatif du territoire a d'abord été décrit et évalué dans l'outil d'évaluation multicritère SYSTERRE® (Tableau 6). Les facteurs de production (matériel, main d'œuvre, assolement, itinéraires techniques) sont détaillés et permettent d'accéder à une évaluation multicritère « sortie champ » basée sur le calcul d'indicateurs de performances technico-économiques, de dépendance aux intrants, d'impact énergétique, de temps de travail, complété au niveau de la fertilité du sol par un calcul du bilan humique (Calcuette ARVALIS).

<sup>1</sup> <http://ecophytopic.fr/dephy/dephy-reseau-dephy>

Pour chaque scénario imaginé, des simulations d'impact ont été réalisées sur le système de grande culture, et nous ont permis d'observer l'évolution des indicateurs après réintroduction de l'élevage par rapport à la situation initiale. La description des interactions entre les ateliers animaux et végétaux a été réalisée en quantifiant les besoins en aliments et litières pour l'atelier animal et la production d'effluents induite. Le dimensionnement des ateliers d'élevage imaginé requiert des interactions avec plusieurs exploitations céréalières du territoire.

La recherche de méthodes d'évaluation de la durabilité n'a pas permis au lancement de l'étude d'identifier d'outil permettant de faire une évaluation multicritère d'exploitations en polyculture élevage. L'outil CAP2ER qui aurait pu contribuer à l'évaluation des ateliers d'élevage a été identifié trop tard. Les indicateurs des ateliers d'élevage ont donc été calculés à l'aide d'un tableur Excel spécifiquement mis au point pour l'étude avec l'appui des experts consultés. Pour chaque scénario, l'atelier d'élevage est décrit aussi précisément que possible avec des caractéristiques techniques, économiques, environnementales et sociales. L'évaluation de l'impact environnemental de l'élevage se limite à des indicateurs de consommation d'énergie et d'émission de gaz à effet de serre.

La démarche suivie est résumée dans la Figure 1.

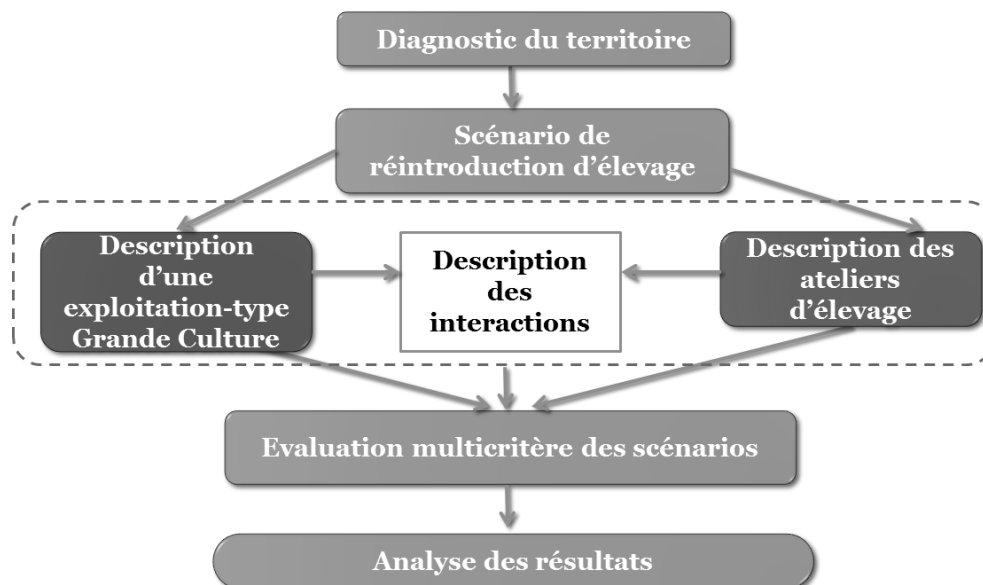


Figure 1 : Etapes de la démarche de diagnostic et de simulation

### 3. Résultats

#### 3.1 Un territoire spécialisé en Grande Culture

Sur le territoire du Pithiverais, l'activité agricole représente 80 % du secteur d'activité. En 1979, il y avait 2750 exploitations dans le Pithiverais alors qu'en 2008 il n'y en avait plus que 800, dont 30% en pluriactivité. La surface agricole utile (SAU) moyenne d'une exploitation est de plus de 100 ha. Le paysage agricole est représenté pour les 2/3 de sa SAU par des cultures céréalières. Les remembrements successifs ont entraîné la suppression des haies, des bosquets... Les conditions pédoclimatiques favorables et l'accès à l'eau permettent d'atteindre des niveaux de productions élevés. L'assolement assez diversifié comprend des cultures à forte valeur ajoutée (betteraves, oignons, pommes de terre) et compte très peu de surfaces fourragères. Quelques exploitants introduisent la luzerne dans leur assolement du fait de la présence d'une usine de déshydratation sur le territoire. Les pailles sont majoritairement broyées et enfouies. Pour ne pas laisser les sols à nu en hiver, les agriculteurs implantent des CIPAN (Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrates). Le recours aux intrants minéraux et phytosanitaires nécessaire pour atteindre les niveaux de rendement et critères de qualité

attendus, entraîne une pression forte sur l'environnement notamment la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines (Chambre d'Agriculture du Loiret, 2017).

Les trois coopératives céréalières présentes sur ce territoire ont développé des marchés de niches rémunérateurs mais contraignants, nécessitant par exemple des quantités élevées d'engrais minéraux azotés pour atteindre sur blé les taux de protéines attendus par les acheteurs. Pour compenser la faible disponibilité locale en effluents d'élevage, des apports en phosphore, potasse, magnésie sont nécessaires, et la majorité des agriculteurs enfouissent les résidus de céréales à paille ou utilisent des vinasses de betterave ou des boues de stations d'épuration.

Une représentation des acteurs du territoire et de leurs interactions est proposée dans la Figure 2.

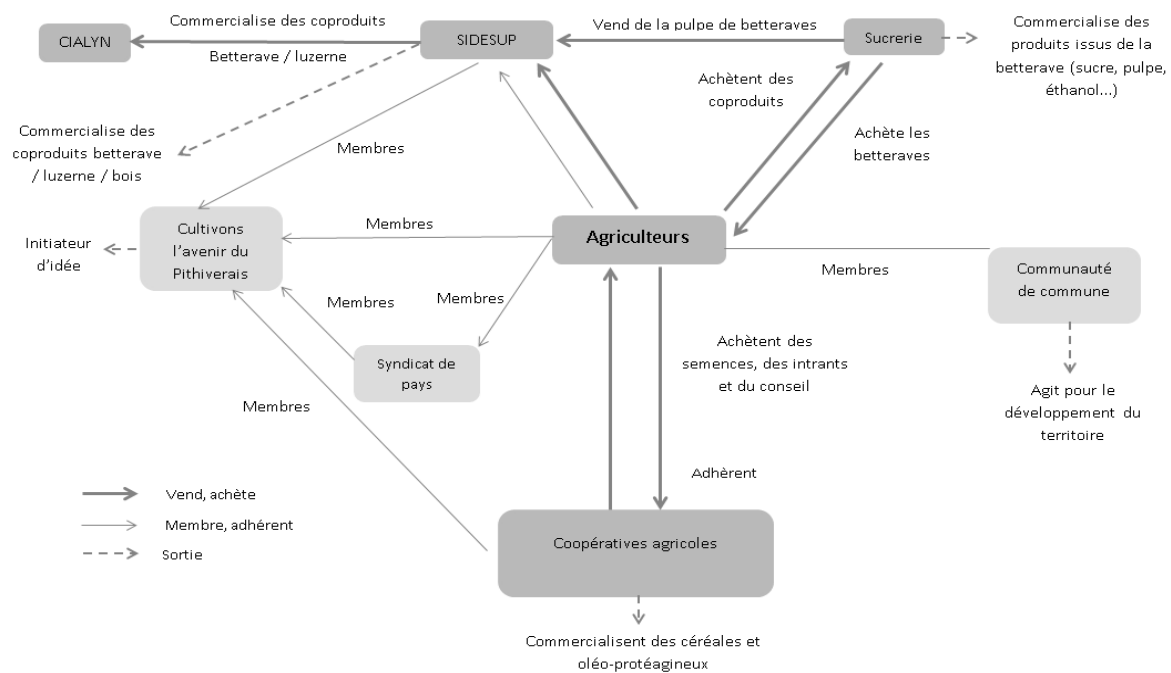


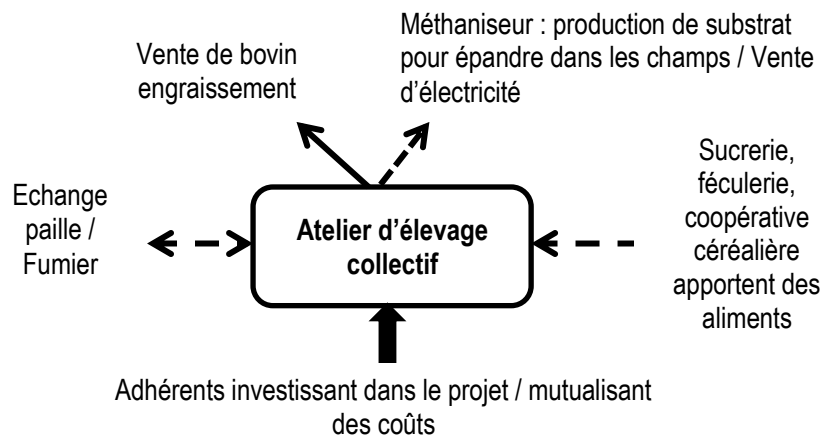
Figure 2 : Cartographie des acteurs du Pithiverais

Préserver le potentiel agronomique de leur sol pour les générations futures est la préoccupation qui ressort lorsque l'on évoque la notion de durabilité aux agriculteurs. L'accès à l'eau est l'autre facteur de pérennité de l'agriculture du Pithiverais le plus souvent évoqué. Quant à la réintroduction de l'élevage comme levier pour une agriculture plus durable, mise à part l'exploitation en système biologique, aucun des agriculteurs interrogés n'a l'ambition de réintégrer un élevage sur son exploitation, alors que toutes ont possédé par le passé un atelier d'élevage, certains ne l'ayant arrêté qu'au début des années 2000. Ils ne veulent plus gérer une activité moins rentable et plus contraignante, qui serait vécue comme un retour en arrière, notamment pour les agriculteurs de plus de 40 ans ayant connu l'activité sur leur exploitation. Cependant, ils sont unanimes sur les avantages qu'apporterait une présence accrue de l'élevage sur le territoire. Au cours des entretiens, nous avons pu constater que les exploitants agricoles avaient le désir de réduire leurs apports d'engrais minéraux. Hormis une faible utilisation de compost de déchet vert et du compost de fumier de cheval provenant des centres équestres alentours, l'utilisation d'engrais organique est faible, et en général coûteux. La réintroduction d'élevage sur le territoire aurait ainsi l'intérêt de rendre disponible une ressource en matière organique locale moins coûteuse. Par ailleurs, la diversité des productions végétales produites par les exploitations du Pithiverais permettrait d'alimenter des animaux d'élevage tels que les volailles, les bovins viandes ou les moutons en utilisant les produits récoltés ou les coproduits de la sucrierie, des coopératives céréalières et de l'usine de

déshydratation présentes sur le territoire : pulpe de betteraves, luzerne déshydratée, céréales... L'élevage permettrait ainsi d'offrir un débouché complémentaire à ces produits ou coproduits.

La dominante céréalière des exploitations Pithivériennes permettrait de fournir en litière des animaux grâce à la paille des céréales et donc de favoriser les interactions entre ateliers grâce aux échanges paille/fumier. En revanche, les espaces disponibles pour faire pâturer les animaux sont peu nombreux sur le territoire et les agriculteurs ne sont pas prêts à implanter des prairies dans leur assolement.

Face aux réticences des agriculteurs à un retour à des systèmes en polyculture élevage dans leurs exploitations mais face à l'intérêt agronomique de sa présence, nous avons décidé de leur demander quelle pourrait être selon eux la façon de réintroduire l'élevage sur le territoire. Dans un bon nombre de cas, les agriculteurs ont répondu que la seule façon de réintroduire de l'élevage dans la région serait de créer des ateliers d'élevage collectifs qui permettraient à plusieurs agriculteurs de s'associer en créant un atelier d'élevage en commun. Ils pourraient mutualiser les coûts et optimiser le partage du travail de l'atelier ou recruter un salarié. Afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces élevages (Figure 3) nous avons rencontré une coopérative de producteurs bovins et ovins, la CIALYN, qui a mis en place un projet similaire dans l'Aube.



**Figure 3** : Exemple de fonctionnement d'un atelier d'élevage collectif bovin

### 3.2 Des scénarios basés sur des ateliers d'élevage collectifs

L'atelier collectif permettrait à l'agriculteur de bénéficier des intérêts agronomiques de l'élevage présent sur le territoire en limitant les contraintes liées à l'investissement et au besoin de main d'œuvre, tout en conservant son activité de cultivateur. Il bénéficierait autant que possible d'un approvisionnement local pour alimenter le troupeau et permettrait des échanges paille-fumier entre les ateliers végétaux des cultivateurs et animaux de l'atelier collectif.

Nous avons donc imaginé 3 scénarios d'ateliers collectifs d'élevage. Leurs caractéristiques techniques détaillées par la suite sont issues de références et de l'expertise d'ARVALIS Institut du végétal et de l'IDEELE. Certaines valeurs sont des données moyennes sur une période 2008 – 2015 (ex : coût d'achat des intrants ou prix de vente des produits). Nous avons choisi les productions ovines et bovines (engraissement de jeunes bovins de 9 à 18 mois) dont les rations alimentaires pourraient facilement être constituées de ressources présentes sur le territoire et pour lesquelles des débouchés existent. Le choix de l'atelier ovin est aussi lié à sa présence historique sur le territoire, alors que celui de bovin est essentiellement dû à la présence d'une coopérative de producteurs de jeunes bovins qui ont une activité de naisseurs à proximité du département du Loiret. Nous ne présenterons que deux scénarios sur les trois, deux d'entre eux ne se différenciant que par la taille des ateliers d'élevage (scénario non présenté : atelier Bovin à effectif réduit à 500 taurillons).

### 3.2.1 Scénario Bovin : atelier de 2000 taurillons

Composé de 2000 bovins à l'engraissement, l'atelier permet à plusieurs exploitants du territoire de se fédérer autour d'une coopérative (type CIALYN) pour la construction de bâtiments d'élevage, l'achat de matériel, la mise à disposition d'aliment et de paille et l'épandage des effluents d'élevage. Les caractéristiques de l'atelier sont présentées dans le Tableau 1. Le Tableau 2 détaille la composition de la ration des bovins et la quantité de paille nécessaire.

**Tableau 1** : Fonctionnement de l'atelier d'élevage de 2000 taurillons.

Caractéristique	Valeur	Unité
Nombre de bovins	2 000	taurillon produit/an
Taux de rotation des bovins	1.33	taurillon/an/place
Nb places dans le bâtiment	1 501	nombre de places
Durée d'engraissement	232	jours/an
Durée vide sanitaire	30	jours/an
Poids entrée	340	kg viande vive/bovin
Poids sortie	722	kg viande vive/bovin
GMQ (Gain Moyen Quotidien)	1 647	gramme/jour/bovin
Gain poids engraissement	382	kg viande vive/bovin
Poids carcasse sortie	420	kg/bovin
Prix d'achat des bovins	2.70	€/kg de carcasse
Prix de vente des bovins	3.70	€/kg de carcasse
Fumier	4.2	tonne/an/bovin
Prix de vente du fumier	10.26	€/tonne

**Tableau 2** : Ration des bovins et litière (source : ARVALIS Institut du végétal)

Bilan de consommation	kg MS/bovin/jour	kg MS/bovin/an	t MS/troupeau/an
Pulpe surpressée	6,3	1 462	2 923
Blé	1,6	371	742
Tourteau de Colza	0,9	209	418
CMV	0,11	25,5	51
<b>TOTAL hors paille</b>	<b>8,9</b>	<b>2 067</b>	<b>4 134</b>
Paille aliment	1	232	464
Paille litière	5	1 160	2 320
<b>TOTAL paille</b>	<b>6</b>	<b>1 392</b>	<b>2 784</b>
<b>TOTAL</b>	<b>14,9</b>	<b>3 459</b>	<b>6 918</b>

La ration proposée est majoritairement composée de pulpes de betteraves surpressées et de blé, exprimée en kilo de matière sèche. Les surfaces nécessaires pour produire l'alimentation des animaux d'élevage ont été calculées en fonction des besoins en matière sèche des bovins (taux de MS du blé = 85 %, de la pulpe de betterave = 25 %). Dans ce scénario, nous avons privilégié la valorisation d'une production locale à savoir la pulpe de betterave à 80 € la tonne de matière sèche. D'autres simulations auraient pu être effectuées en comparant différentes rations pour choisir la plus rentable mais ce n'était pas le but recherché ici. La pulpe de betterave serait achetée à la sucrerie de Pithiviers et les tourteaux de colza et autres concentrés seraient achetés à l'extérieur du territoire en l'absence d'unité de fabrication de concentrés et de tourteaux sur le territoire. Le taux d'approvisionnement local de la ration est estimé à **93 %**.



### 3.2.2 Scénario Ovin : atelier de 3000 brebis

Ce scénario correspond à la création d'un atelier ovin de grande taille (Tableau 3). Les 3000 brebis seraient réparties en 3 lots de 1000, ayant des périodes de mises bas différentes (septembre, décembre/janvier, mars/avril). Contrairement à l'élevage de taurillons, l'élevage d'ovins naisseur engraisseur nécessite idéalement de faire pâturer les bêtes une partie de la saison. Les prairies étant quasi-absentes des assolements actuels, le pâturage des moutons dans les cultures intermédiaires serait une alternative intéressante. Les CIPAN actuellement non valorisées sont détruites mécaniquement ou chimiquement avant implantation d'une culture de printemps. Elles seraient ainsi pâturées pendant l'automne et l'hiver par les moutons, qui apporteraient de la matière organique au sol par leurs déjections. Cette pratique de pâturage itinérant par des bergers dits « sans terre » se développe et présente des intérêts pour les céréaliers avec des économies potentielles de temps, de carburant, d'engrais minéraux et de produits phytosanitaires.

Les agneaux produits par l'élevage seraient vendus à une coopérative (type CIALYN). Compte tenu de la proximité de la région parisienne, une vente en circuit court est envisageable pour 17 % du volume annuel et à un prix de vente estimé à 11,5 €/kg mais avec du temps de travail supplémentaire.

**Tableau 3** : Fonctionnement de l'atelier de 3000 brebis

Caractéristiques	Résultat	Unité
Nombre de brebis	3 000	brebis/an
Nombre d'agneaux	4 419	agneaux/an
Nombre d'agneaux vendus	3 789	agneaux/an
Dont vendus en direct	600	agneaux/an
Durée d'engraissement des agneaux	120 - 130	Jours
Nombre de béliers	50	bélier/an
Poids à la vente des agneaux	19	kg/agneau
Prix de vente au kg de carcasse	6,5	€/kg carcasse
Prix de vente des agneaux en circuit court	11,5	€/kg
Prix de vente de la laine	1	€/kg
Quantité de déjection produite	4	kg/ jour/brebis
Prix de vente du fumier	15	€/tonne

Afin de conserver une ration valorisant des productions locales, il a été décidé de choisir une ration humide à base de pulpe surpressée et de céréales paille ou grain (Tableau 4).

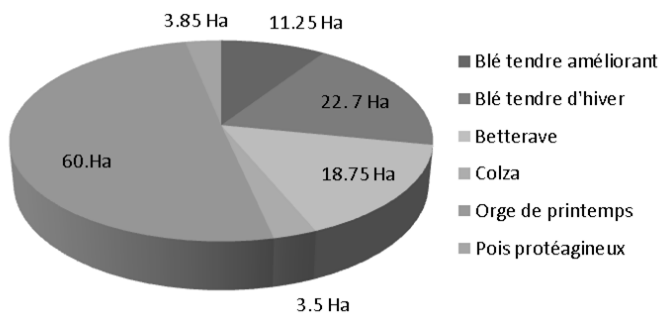
**Tableau 4** : Ration des 3000 ovins (source : IDELE)

Bilan de consommation	kg MS/brebis/an	t MS /troupeau/an
Pulpe de betterave	657	1 971
Céréales	152	455
Tourteaux de colza	60	181
Paille	320	960
Foin luzerne	216	649
Pâturage CIPAN	117	350
<b>TOTAL</b>	<b>1 522</b>	<b>4 567</b>

L'alimentation choisie pour les ovins privilégie les fourrages conservés, complétés une partie de l'année par le pâturage en substitution des concentrés, afin d'optimiser les coûts de production. Cependant chaque lot ayant des cycles de reproduction différents, le pâturage ne se fera pas sur la même période, ni sur la même durée. Ces aliments sont des productions présentes sur le territoire de Pithiviers. Le taux d'approvisionnement local de la ration est proche de **96 %**.

### 3.3 Une ferme-type Grande Culture performante, support des simulations

Inspirée d'une exploitation réelle du territoire, l'exploitation-type support de nos simulations présente les caractéristiques suivantes : une seule UTH, le chef d'exploitation, une SAU de 121 hectares, un assolement diversifié plutôt typique de la région (Figure 6) comprenant 3 îlots dont 2 sont irrigués.



**Figure 6 :** Assolement de la ferme type « grande culture du Pithiverais »

Avec des sols limono-argileux à bon potentiel et une forte technicité de l'exploitant pour optimiser au maximum ses intrants, les niveaux de rendements sont plus élevés que la moyenne du secteur (ex : 9 t/ha en orge de printemps). Le matériel est en propriété, l'exploitant n'a pas recours à une entreprise de travaux agricole (ETA). Enfin, tous les apports d'engrais sont d'origine minérale.

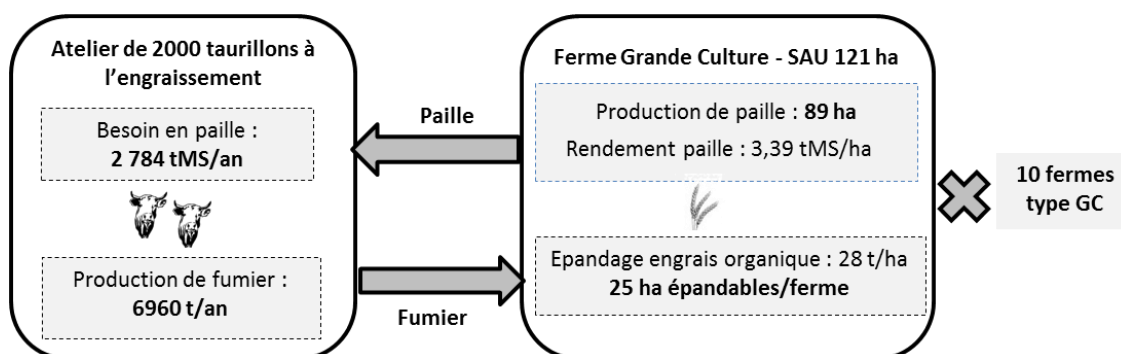
L'évaluation multicritère de cette ferme-type « Grande Culture du Pithiverais » est détaillée dans le Tableau 6 (colonne 'situation initiale'). Elle est issue de l'outil SYSTERRE®.

### 3.4 Interactions entre atelier d'élevage et exploitations céréalières

#### 3.4.1 Scénario Bovin

Pour l'alimentation et la litière des bovins, les besoins en paille sont annuellement de 2 784 t MS pour le troupeau. N'ayant pas le besoin de faire pâturer les taurillons avec une ration à base de pulpes surpressées, l'assolement de la ferme Grande Culture n'est pas modifié.

Avec 89 hectares de surface en paille et un rendement de 3,39 t MS par hectare, l'exploitation céréalière produit 300 tonnes de paille par an. Pour couvrir les besoins en paille du troupeau, il faudrait 10 exploitations-type grande culture (Figure 7).



**Figure 7 :** Interactions entre ateliers dans le scénario Bovin (hors échange grain)

Les taurillons produisant 6 960 tonnes de fumier par an (18 kg/jour/bovin), chacune des 10 fermes type disposerait de 696 tonnes d'effluents soit à raison de 28 tonnes de fumier/hectare un besoin de 25 ha de surfaces pour l'épandage du fumier.

### 3.4.2 Scénario Ovin

Dans ce scénario, l'atelier ovin reste comme dans l'autre simulation une entité à part des exploitations céréalières. Les besoins en paille de l'atelier d'élevage sont de 960 tonnes de matière sèche pour le troupeau. Contrairement au scénario Bovin, il y a nécessité de faire pâturer les brebis une partie de l'année et d'intégrer dans leur ration des fourrages à base de luzerne ; les exploitations céréalières devront modifier leur assolement (Figure 8) avec notamment l'introduction de luzerne dans l'assolement à hauteur de 11,5% (14 hectares).

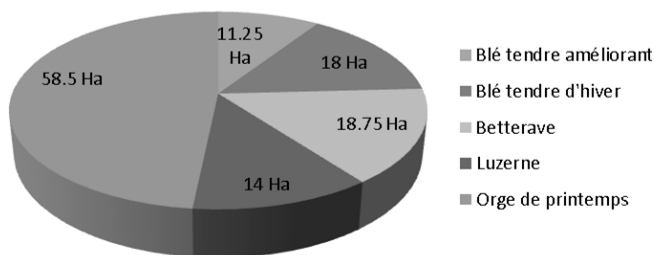


Figure 8 : Assolement modifié de la ferme type en scénario Ovin

Pour un besoin du troupeau estimé de 649 t MS/an de luzerne et un rendement annuel de 10 tonnes/ha, le nombre de fermes type nécessaire à la production de l'alimentation des ovins est de 5 (Figure 9).

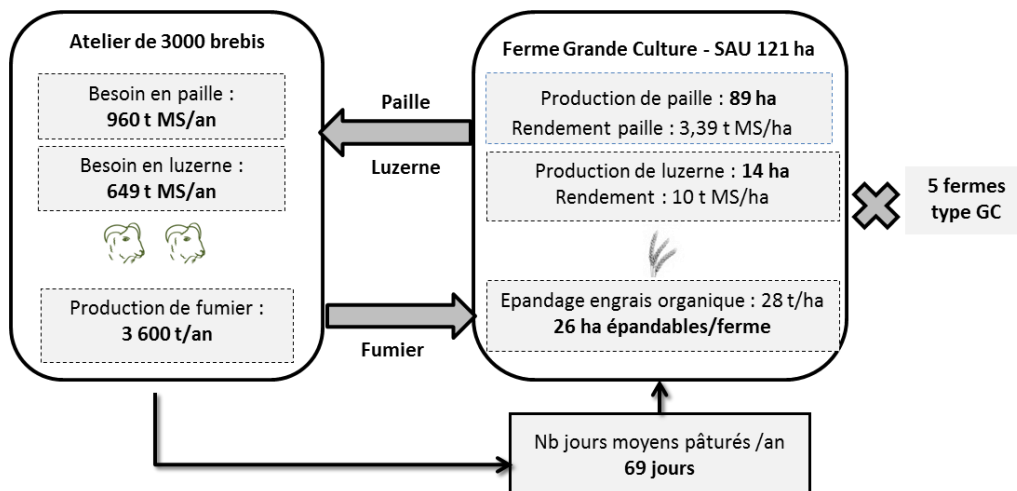


Figure 9 : Interactions entre ateliers dans le scénario Ovin (hors échanges grain)

Concernant le pâturage des couverts, les besoins sont estimés à 350 t MS, soit avec un rendement de 2,5 t MS/ha, une surface moyenne nécessaire pour le pâturage de 28 hectares par ferme type. La ferme type dispose de 77,25 hectares de cultures implantées au printemps (orge et betterave), lui permettant de pouvoir faire pâturer les moutons entre la récolte du précédent et la culture suivante. Comme nous l'avons vu précédemment, la période et le temps de pâturage vont varier d'un lot à l'autre. Nous avons décidé de calculer un nombre de jours moyen pâturés pour les trois lots. Pour nos simulations chaque ferme-type pourrait faire pâturer 616 brebis sur 28 hectares pendant 69 jours.

Les ovins produisent 3 600 tonnes de fumier par an. Chaque ferme disposerait de 720 tonnes d'effluent soit à raison de 28 tonnes de fumier/hectare, un besoin de 26 ha de surfaces pour l'épandage du fumier.

### 3.5 Evaluation multicritère des scénarios

Les résultats des simulations sont regroupés pour les deux scénarios dans les Tableaux 5 et 6.

#### 3.5.1 Les ateliers d'élevage

Pour respecter la contrainte de ne pas avoir à gérer l'atelier d'élevage par la main d'œuvre de l'exploitation céréalière, l'atelier d'élevage fonctionne en ayant recours à une main d'œuvre qui lui est spécifique. Dans le scénario Bovin, sur une base de 1600 heures de travail par an par salarié et de 4 heures de travail par bovin par an, 8000 heures de travail par an sont nécessaires et requiert 5 UTH. Le scénario Ovin requiert 3 UTH. Les charges salariales s'appuient sur une rémunération au SMIC.

**Tableau 5** : Evaluation multicritère des ateliers d'élevage issus des tableurs Excel construits avec les experts

	Unité	Scénario Bovin	Scénario Ovin
<b>Indicateurs socio-techniques</b>			
Nb jeunes bovins ou brebis / UTH	animaux/UTH	400	1000
Temps de travail	heure/UTH	1 600	1 600
Nb UTH /atelier	UTH	5	3
Taux d'approvisionnement local dans la ration	%	93	96
<b>Indicateurs économiques</b>			
Produit brut	€/animal	1 590	231
Marge brute	€/animal	243	89
Marge nette	€/animal	41	19
Marge nette / Produit brut	%	3	8
<b>Indicateurs environnementaux</b>			
Emission de gaz à effet de serre	kg CO2/animal	3 285	141
Consommation d'énergie	MJ/animal	10 314	1 777

Les charges d'investissement comprennent les bâtiments d'élevage et de stockage des fourrages, les charges de matériel pour l'alimentation et le nettoyage (distributrice d'aliment, tracteurs...) et, dans le scénario Ovin les installations pour le pâturage (clôtures). Les bâtiments sont amortis sur 20 ans et le matériel sur 7 ans. Enfin un poste « autres charges » comprend les frais d'entretien du matériel, les assurances, le carburant, l'électricité ainsi que d'autres frais annexes.

Dans le scénario Bovin, le poste de charge le plus important est le coût d'achat des bovins (56 % du produit brut) puis celui de l'alimentation des animaux (23 % du produit brut). A l'inverse des taurillons, l'achat des moutons est réparti en annuités car amorti sur 9 ans (annuité de 18 €/brebis). De ce fait l'achat des animaux pèse beaucoup moins dans les charges. Avec la ration proposée qui cherche à valoriser un co-produit local, la pulpe de betterave, le poste alimentation représente 51 % du chiffre d'affaires de l'atelier ovin.

Pour les indicateurs environnementaux, les émissions de gaz à effet de serre sont essentiellement dues aux rejets des animaux. Les consommations d'énergie sont calculées à partir de l'électricité et du fioul nécessaire pour la production de viande (consommation directe) et des aliments que consomment les bovins (consommation indirecte).

#### 3.5.2 La ferme type Grande Culture

Les simulations des scénarios dans SYSTERRE® donnent les résultats suivants sur l'exploitation-type Grande Culture (Tableau 6).

Tableau 6 : Evaluation multicritère de l'atelier Grande Culture

	Unité	Situation initiale	Scénario Bovin	Scénario Ovin
<b>Indicateurs techniques</b>				
Surface/UTH	ha	121	121	121
Temps de travail	h/ha	7,21	7,94	7,89
Consommation Carburant	l/ha	115	128	127
Quantité Azote (N) Total	kg/ha	124	135	129
<i>dont N Minéral</i>	kg/ha	124	107	77
<i>dont N Pâturage</i>	kg/ha	0	0	11
<i>dont N Organique</i>	kg/ha	0	29	41
Exportation N	kg/ha	155	170	199
Bilan N	kg/ha	-25	-27	-32
Quantité Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Total	kg/ha	70	71	79
<i>dont P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Pâturage</i>	kg/ha	0	0	7
<i>dont P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Organique</i>	kg/ha	0	18	27
Exportation P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/ha	56	59	64
Bilan P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/ha	14	12	15
Quantité Potassium (K <sub>2</sub> O) Total	kg/ha	81	97	142
<i>dont K<sub>2</sub>O Pâturage</i>	kg/ha	0	0	19
<i>dont K<sub>2</sub>O Organique</i>	kg/ha	0	40	80
Exportation K <sub>2</sub> O	kg/ha	69	98	131
Bilan K <sub>2</sub> O	kg/ha	13	-1	12
Equivalence humus pour une tonne de paille exportée :				
- fumier de bovins		2,58	2,5	
- fumier d'ovins		1,38		3,7
<b>Indicateurs économiques</b>				
Produit brut	€/ha	1 353	1 483	1 390
Charges intrants	€/ha	463	465	487
<i>dont Charges Semences</i>	€/ha	79	79	116
<i>dont Charges Engrais</i>	€/ha	266	269	270
<i>dont Charges Phytosanitaires</i>	€/ha	102	102	84
Charges de mécanisation	€/ha	371	415	393
Charges Carburant	€/ha	92	102	101
Rémunération Main d'œuvre familiale	€/ha	104	104	104
Aides	€/ha	273	273	273
Marge brute avec aides	€/ha	1 164	1 290	1 163
Marge nette avec aides (avant MSA)	€/ha	644	727	622
<b>Indicateurs environnementaux</b>				
IFT Total		3,57	3,57	2,95
Consommation Energie Primaire Totale	MJ/ha	16 756	16 185	15 226
Emissions GES Totales	kg éqCO <sub>2</sub> /ha	2019	2008	1870
Production Energie Brute	MJ/ha	174 673	212 974	220 611

Dans le scénario Bovin, le temps de travail à l'hectare du chef d'exploitation et la consommation de carburant augmentent légèrement dus à l'épandage des effluents d'élevage et au pressage de la paille. Avec des quantités d'azote, de phosphore et de potassium apportées sous forme de matière organique sur la totalité de la surface en betterave (19 ha), sur colza (3,5 ha) et sur une partie de la surface en orge (2,4 ha), les doses d'azote minéral sont réduites de 17 kg/ha par rapport à la situation initiale. Le produit brut est plus élevé dû à la vente de 278 tonnes de paille à 55€/tonne. Les charges d'engrais

augmentent légèrement, la baisse d'apport d'engrais minéraux étant compensée par l'achat du fumier. Les autres postes de charges d'intrants restent quant à eux identiques, l'assolement n'ayant pas changé, il n'y a pas d'achat supplémentaire de semence ou d'utilisation supplémentaire de produits phytosanitaires. On constate par ailleurs une hausse des coûts de mécanisation engendrée par le recours à une Entreprise de Travaux Agricoles pour l'épandage du fumier et le pressage de la paille. Malgré tout, grâce à la hausse du produit brut à l'hectare, la marge brute et la marge nette de l'exploitation sont légèrement supérieures à la situation de référence. Les indicateurs environnementaux montrent que malgré une hausse de la consommation de carburant, la consommation d'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre sont en légère baisse expliquées par les économies d'apport d'engrais minéral. Au niveau de la production d'énergie du système exprimée en MJ/ha on observe une forte hausse expliquée par la valorisation de la paille de l'exploitation pour le troupeau. L'utilisation de produits phytosanitaires n'a quant à elle pas été impactée, l'indice de fréquence des traitements est identique à la situation initiale. Le bilan humique n'évolue pas : l'export de la paille pour l'alimentation des animaux prive le sol d'un apport en humus que compense à peine l'apport de fumier (une tonne de paille = 2,58 tonnes de fumier de bovins).

Dans le scénario Ovin, en plus des flux de paille et de fumier entre l'atelier d'élevage et les exploitations céréalières types, la production de luzerne pour l'alimentation des ovins et le pâturage du troupeau sur les intercultures sont pris en compte. L'apport de matière organique provenant de l'élevage ovin permet de réduire une partie des apports en azote minéral (réduction de près de 50 kg N/ha). Les balances N, P, K ne sont pas ou peu modifiées par rapport à la situation de référence. Toutefois la nécessité de faire pâturer les moutons nous montre qu'à l'inverse de l'élevage bovin, une partie de l'engrais organique apporté aux cultures provient du pâturage des moutons sur les intercultures, ce qui n'engendre pas de consommation de carburant supplémentaire. Le temps de travail, la consommation de carburant, les charges de semences sont également en hausse avec l'épandage des effluents, la récolte de la paille et les semis d'espèces d'intercultures plus appétentes pour le pâturage des moutons (principalement Trèfle d'Alexandrie - Moha). Malgré un produit d'exploitation supplémentaire par la vente de la paille, on constate que la marge nette de l'exploitation à l'hectare est en baisse de plus de 20 €/hectare. Les charges de mécanisation, de carburant et d'intrants ayant augmenté, l'exploitation céréalière perd en rentabilité. La réduction des charges de produits phytosanitaires est due à la modification de l'assolement pour l'implantation de la luzerne entraînant la suppression des productions de colza et de pois et donc une réduction de l'utilisation d'intrants. La diminution des quantités d'engrais minéraux apportées aux cultures entraîne une baisse de la consommation totale d'énergie primaire et une baisse des émissions de gaz à effet de serre, améliorant ainsi le profil environnemental du système. L'apport de fumier d'ovin permet un apport supplémentaire d'humus dans le sol par rapport aux pertes qu'entraîne l'export de la paille. Cet apport supplémentaire en humus contribuera à accroître la fertilité des sols de l'exploitation à long terme.

## 4. Discussion

### 4.1 Le diagnostic du territoire et les scénarios

L'utilisation de la méthode ARDI (Etienne, 2009) a été adaptée aux contraintes du stage. L'étape de concertation avec les acteurs que prévoit la méthode pour faciliter le diagnostic partagé et l'émergence collective de scénarios n'a pu être menée. Une réunion de restitution de l'étude a été faite à la fin du stage avec les principaux acteurs rencontrés pour leur soumettre *a posteriori* les scénarios imaginés qui tiennent compte des enquêtes, des préférences et réticences exprimées. L'échantillon d'agriculteurs enquêtés ne comptait pas de polyculture-éleveur, certes rares sur le territoire, mais dont le témoignage aurait pu apporter un éclairage intéressant. Ces éléments auraient pu modifier le diagnostic du territoire et changer la manière de construire les scénarios et les modalités de réintroduction d'élevage.

Concernant la réintroduction d'élevage les acteurs l'envisagent différemment selon les points de vue : intérêt pour un débouché local, retour en arrière, bénéfique agronomique,... Les scénarios ont été construits en tenant compte de ces éléments. L'association d'un atelier d'élevage en parallèle d'un atelier végétal avec des interactions entre les deux respecte la contrainte donnée par les acteurs du territoire rencontrés de ne pas « redevenir éleveur ». Les réintroductions proposées maintiennent les cultivateurs dans leur rôle, en introduisant principalement un échange de matière entre les ateliers/filières végétales et ateliers animaux, favorisant une économie circulaire et un meilleur bouclage des cycles. Il aurait été intéressant de tester d'autres scénarios basés sur un recouplage entre ateliers au sein d'une même exploitation où les facteurs de productions sont vraiment en interaction (capital, main d'œuvre,...) ; même si cette forme de recouplage n'est pas la voie privilégiée des agriculteurs du Pithiverais.

#### 4.2 Les simulations et l'évaluation de la durabilité

Lors de nos simulations nous avons utilisé l'outil d'analyse multicritère SYSTERRE® qui permet d'analyser les pratiques mises en œuvre au sein d'un système de productions végétales à l'aide d'une diversité d'indicateurs. Il a permis pour nos simulations de prendre en compte les exportations de pailles, les apports de fumier sur les cultures et dans le cadre du scénario Ovin, le pâturage des moutons en termes de restitution au sol. Il permet donc une bonne analyse des impacts des changements induits sur l'atelier de productions végétales en termes techniques, économiques et environnementaux.

Pour l'élevage, nous n'avons pas pu utiliser l'outil CAP2ER® mis au point par l'IDELE dont l'objectif est de réaliser une évaluation multicritère pour l'atelier bovin. La complémentarité entre SYSTERRE® et CAP2ER® mérite d'être étudiée pour faciliter l'évaluation multicritère d'exploitations agricoles ayant plusieurs ateliers.

Les résultats des simulations ont montré, dans les modalités proposées, un impact limité de la réintroduction d'élevage sur les exploitations de grande culture avec d'un point de vue :

- Technique, un assolement et un temps de travail inchangé sauf dans le scénario Ovin,
- Economique, des marges très légèrement améliorées sauf dans le scénario Ovin,
- Agronomique, un bilan humique stable, amélioré dans le scénario Ovin,
- Environnemental, une consommation d'énergie fossile, des émissions de Gaz à Effet de Serre, un IFT exploitation stables, en baisse dans le scénario Ovin.

L'intérêt de se servir de prix moyens est de lisser les variations interannuelles et d'éviter des scénarios trop défavorables ou trop favorables. Il est difficile toutefois de conclure quant à l'impact économique des scénarios sur l'atelier de grande culture, car des transferts de marges seraient à prendre en compte par exemple si les céréaliers investissaient dans l'atelier d'élevage. Les pertes d'un atelier pourraient être ainsi compensées par les gains de l'autre. Les simulations ne sont pas allées jusqu'à ce niveau de détail. Pour l'atelier d'élevage, l'estimation réalisée avec des charges salariales à valeur du SMIC est probablement sous-estimée par rapport à la réalité des besoins pour le fonctionnement de l'atelier (chef d'atelier,...). Pour le pâturage des ovins, le temps consacré et les coûts associés à la gestion du troupeau par un berger n'a pas non plus été pris en compte. Il faudrait l'envisager pour affiner l'évaluation économique de ce scénario.

Pour consolider la rentabilité de l'atelier ovin, deux voies pourraient être envisagées :

- Réduire les coûts d'alimentation du troupeau par insertion de surfaces fourragères supplémentaires dans les assolements (prairies) et/ou maximisation du pâturage à l'échelle du territoire dans les couverts des céréaliers et dans les zones non cultivées (chemins communaux,...)

- Rémunérer les services rendus par le pâturage pour l'entretien d'espaces naturels (ex : zone Natura 2000).

Le dimensionnement des ateliers d'élevage dans les scénarios, par construction, impacte plusieurs exploitations céréalières, ce qui en soit procède d'un début de changement d'échelle ou de niveau d'organisation. Il faudrait cependant approfondir la démarche, la relative homogénéité des exploitations faisant de ce territoire d'étude un candidat idéal pour éprouver des méthodes d'extrapolation/interpolation des résultats à l'échelle territoriale. Avec les éléments à notre disposition lors de l'étude, nous ne savons par exemple pas si la valorisation de la pulpe de betterave en élevage, imaginée ici du fait de la proximité d'une sucrerie et d'une usine de déshydratation, permet une meilleure valorisation d'une marchandise actuellement vendue dans des départements voisins du Loiret. Les coûts de transport et d'émissions de gaz à effet de serre devraient être réduits, mais nous n'avons pas pu les quantifier. D'autres analyses de type ACV complèteraient utilement l'évaluation. On ne peut donc pas prétendre avoir atteint l'objectif d'évaluer la durabilité des changements à l'échelle des territoires. On peut simplement se risquer à souligner quelques tendances qui se dégageraient (Tableau 7).

**Tableau 7** : Evaluation de la durabilité à l'échelle du territoire

Domaine	Critère	Impact	Commentaire
Social	Emploi	+	Emplois créés par les ateliers d'élevage
	Acceptabilité	-/+	Nuisances olfactives ; Lien social grâce à l'animal
Economique	Débouché local	+	Vente de viande en circuit court Vente de coproduit pour l'élevage
	Richesse du territoire	+	Création d'une nouvelle filière d'élevage
Environnemental	Fertilité des sols	= ou +	Apports de fumier couvrant <i>a minima</i> les exports de paille
	Emission de gaz à effet de serre	?	Réduction des engrais minéraux mais hausse des émissions à cause de l'élevage. Baisse des émissions dues au transport de matières premières vers d'autres régions.
	Consommation d'énergie	-	Hausse à cause des ateliers d'élevage
	Production d'énergie	+	Biomasse produite sur le territoire
	Pollution des eaux	?	Risque lessivage N minéral/organique et statut organique du sol. Positif si baisse de l'IFT (glyphosate notamment)
	Biodiversité	=/+	Neutre ou positif si pâturage des ovins dans les intercultures et les espaces naturels sensibles
	IFT	= ou +	Maintien ou baisse de l'IFT

## Conclusion

Proposer des changements de pratiques et de systèmes nécessite d'évaluer leurs impacts pour faciliter la prise de décision par les acteurs concernés. L'étude visait à éprouver à partir d'un cas d'étude, la démarche d'évaluation multicritère de changements proposés à l'échelle d'exploitations d'un territoire agricole. Cette mise à l'épreuve méthodologique utile aux travaux du RMT ERYTAGE, s'est opérée



dans une situation visant à tester le gain de durabilité permis par le recouplage de productions animales et végétales dans un territoire spécialisé en grande culture (RMT ERYTAGE et SPYCE).

Des concepts, des méthodes et des outils ont été mobilisés pour (i) réaliser un diagnostic territorial, (ii) construire des scénarios d'évolution, (iii) faire une évaluation multicritère des changements proposés. Les enquêtes ont montré une certaine réticence des agriculteurs du territoire à un retour de l'élevage sur leur exploitation pour des raisons à la fois d'incertitude de la rentabilité de l'élevage et de hausse de leur temps de travail, tout en étant conscients et intéressés par les atouts agronomiques qu'apporteraient l'élevage. Nous avons donc construit des scénarios de recouplage basés sur la création d'ateliers d'élevage collectifs bovin ou ovin en interaction avec des exploitations céréalières du territoire. Les impacts de cette forme de recouplage sont simulés sur une exploitation céréalière-type grâce à une évaluation multicritère.

Le scénario Ovin semble présenter le plus d'atouts d'un point de vue agro-environnemental. Il dégrade légèrement la rentabilité de l'exploitation grande culture, mais améliore son bilan humique et probablement à long terme la fertilité du sol. La rentabilité de l'élevage pourrait être renforcée par le développement de services environnementaux liés au pâturage des brebis. Ce scénario offre une vraie opportunité de déploiement de pratiques agro-écologiques et de démarche territoriale impliquant acteurs agricoles et gestionnaires d'espaces. Des expérimentations sont envisagées pour mesurer plus précisément les impacts des pratiques de pâturage chez des céréaliers (fertilité du sol, dépendance au glyphosate, lutte contre les limaces, la verse,...) par des troupes ovines itinérantes. Un agriculteur du territoire engagé dans un réseau DEPHY FERME, en conversion de son système vers la suppression du travail du sol et l'implantation de nombreux couverts végétaux va tester cette pratique dans ses couverts à l'automne 2018. La troupe ovine itinérante pâturera en parallèle dans une zone Natura 2000 proche. Ces signaux encourageants, plutôt issus d'initiatives individuelles, pourraient déboucher sur un vrai projet de territoire et de filière.

Une démarche d'évaluation s'intéresse en général à un niveau d'organisation donné (parcelle, système de culture, exploitation, bassin versant,...) qui délimite son périmètre et les différents objets nécessaires à sa mise en œuvre (enjeux ciblés, acteurs concernés, données requises,...). Le temps imparti pour l'étude a conduit à faire certains choix qui ont permis d'aller au bout du processus d'évaluation à l'échelle des exploitations, mais pas d'approfondir l'évaluation à l'échelle des filières et du territoire. Or, la capacité à changer d'échelle, c'est-à-dire à naviguer d'un niveau d'organisation à un autre est utile pour passer d'échelles 'micro' vers des échelles 'macro' (filière, territoire). Des travaux complémentaires sont nécessaires pour traiter ces questions. Des systèmes de représentation, de modélisation et de simulation nourris par une expertise biotechnique pourraient prendre la forme de *serious game territoriaux* (Ryschawy et al, 2018) au service du pilotage des systèmes et des territoires agricoles. Ce travail requiert un effort considérable d'organisation, de partage d'informations et d'expertise à accomplir par la R&D et en particulier les instituts techniques agricoles pour consolider la boîte à outil de l'évaluateur. L'accompagnement des acteurs grâce à des méthodes de mise en concertation couplée à des outils d'évaluation multicritère pourrait ainsi contribuer au mieux à lever des freins aux changements.

## Références bibliographiques

ARVALIS, Calcuette Paille - Fumier : <http://www.paille-fumier.arvalis-infos.fr/en-savoir-plus.php>

CAP2ER® : Fiche présentation : [http://www.erytage.fr/webplage/images/stories/pdf/fichecap2er\\_niveau2.pdf](http://www.erytage.fr/webplage/images/stories/pdf/fichecap2er_niveau2.pdf)

Chambre d'Agriculture du Loiret. Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) du Pays Beauce Gâtinais en Pithiverais - Diagnostic agricole, février 2017, 55p.

Etienne M., 2009. Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI : guide méthodologique. COMMOD, INRA, Avignon, France.

RMT ERYTAGE (Evaluation de la durabilité des systèmes et des Territoires Agricoles) : [http://www.erytage.fr/webplage/index.php?option=com\\_flexicontent&view=item&cid=62&id=174&Itemid=103](http://www.erytage.fr/webplage/index.php?option=com_flexicontent&view=item&cid=62&id=174&Itemid=103)

Réseau DEPHY (Démonstration, Expérimentation et Production de références sur des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires) : <http://ecophytopic.fr/dephy/dephy-reseau-dephy>

RMT SPYCE (Systèmes de Polyculture-Elevage) : <http://idele.fr/reseaux-et-partenariats/reseaux-mixtes-technologiques/rmt-systemes-de-polyculture-elevage.html>

Ryschawy J., Charmeau A., Pelletier A., Moraine M., Martin G., 2018. Dynamix, un « jeu sérieux » pour concevoir des scénarios d'achat-vente entre céréaliers et éleveurs : une application en Ariège. Fourrages 235 : 207-212.

Seguin V., 2015. La réintroduction d'élevage dans un territoire spécialisé en Grande Culture est-elle durable? Diagnostic et simulation de scénarios de recouplage et évaluation de leur durabilité. Mémoire de fin d'étude IAE Lille, 140p.

SYSTEMER® : Fiche présentation :

[http://www.erytage.org/webplage/index.php?option=com\\_flexicontent&view=item&cid=88&id=219&Itemid=124](http://www.erytage.org/webplage/index.php?option=com_flexicontent&view=item&cid=88&id=219&Itemid=124)

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).