

# Multi-performance des systèmes mixtes bovin-porcin dans le massif central

Sanae Boukhriss<sup>1</sup>, Jean-Joseph Minviel<sup>1</sup>, Claire Mosnier<sup>1\*</sup>

1 INRAE, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

\*claire.mosnier@inrae.fr

## Introduction

Jusqu'au début du XXème siècle, le massif central était considéré comme l'un des plus importants bastions de la production porcine en France, avec une généralisation de l'élevage de porc sur pratiquement toutes les fermes du territoire. Aujourd'hui, dans le massif central, ce type d'élevage ne représente que 5% des effectifs porcins français (Recensement Agricole 2010). Il se maintient dans des ateliers généralement familiaux de petites tailles (660 porcins contre 1 200 pour la France et 1 450 pour la Bretagne) (Giraud-Chatenet S., 2013).

Malgré sa faible densité, la filière porcine contribue à l'équilibre économique et à l'aménagement du territoire en générant plus de 5 000 emplois directs (Lang A. et al., 2016), en maintenant des abattoirs et des services nécessaires pour d'autres élevages herbivores sur le territoire. Les ateliers porcins dans le massif central sont quasiment tous associés à des ateliers d'herbivores (Roguet C. et al., 2014). Le programme de recherche APORTHE ([www.aporthes.fr](http://www.aporthes.fr)) (Financé par le Commissariat Général à l'Égalité des Territoires, portée par l'Association Porc Montagne en association avec plusieurs acteurs de recherche et de filière porcine) cherche ainsi à favoriser le maintien et le développement de l'élevage porcine dans le Massif Central en promouvant la complémentarité entre porcins et herbivores.

Les systèmes mixtes suscitent de plus en plus l'attention des chercheurs et font l'objet de plusieurs études. Les agriculteurs optent pour ces systèmes notamment parce qu'ils permettraient une meilleure gestion des risques (Kimura S. et al. 2010), favoriseraient la biodiversité (Fahrig L. et al., 2011 et Martin A.E, 2020), réduiraient les achats d'intrants grâce aux transferts de matière entre ateliers et permettraient de lisser les besoins en main d'œuvre sur l'année (Błażejczyk-Majka L., 2012). Les systèmes de polyculture-polyélevages permettraient également une rotation plus longue des cultures et réduiraient ainsi la dépendance aux produits chimiques (Lechenet M. et al., 2017). Toutefois, la mixité pourrait entraîner une réduction des économies d'échelle, car les agriculteurs doivent répartir leurs attentions et leurs ressources sur plusieurs activités (Kim K. et al. 2012). Plusieurs études ont été menées sur la mixité d'élevage en étudiant plusieurs combinaisons d'espèces (Martin G. et al., 2020, Dumont B. et al., 2020, Diakité Z. et al., 2019) mais pas à notre connaissance sur les systèmes mixtes bovin-porcine. De plus ces études focalisent généralement sur un nombre très restreint d'indicateur de durabilité.

L'objectif de cette étude est d'estimer si l'ajout d'un atelier de porc permet d'améliorer la durabilité des exploitations bovines, de proposer une méthode pour évaluer la durabilité de façon globale et repérer les principaux déterminants des meilleures performances économiques, environnementales et sociales des exploitations en systèmes mixtes bovin-porcine herbagers.

Afin d'évaluer la durabilité d'un système, il est tout d'abord nécessaire de déterminer et d'estimer les indicateurs permettant de juger de la performance des exploitations sur chaque critère considéré pertinent pour l'évaluation de la durabilité.

Plusieurs méthodes proposent des indicateurs comme IDEA (Vilain L. et al., 2008 et Zahm F. et al., 2008), MASC (Sadok W. et al., 2009), MOTIFS (Meul M. et al., 2008), RISE (Häni et al., 2003), l'analyse de cycle de vie (ISO 14040 et 14044), Il est nécessaire d'agréger les indicateurs afin de pouvoir résumer toutes les informations dans un nombre limité de notes afin de conclure sur la durabilité des systèmes. L'agrégation présente plusieurs pièges méthodologiques (Schärlig, 1985), notamment : l'incommensurabilité, c'est-à-dire le fait qu'il n'existe pas d'unité commune pour tous les indicateurs, la subjectivité des pondérations, la compensation entre les indicateurs et la perte d'informations lors de l'agrégation.

Pour l'agrégation des indicateurs, il existe dans la littérature différentes méthodes ; des méthodes d'agrégation a priori de critères en un critère unique sur la base d'une hiérarchisation et d'une pondération de l'ensemble des critères entrant en compte dans la décision, comme la méthode AHP (Saaty T.L., 1980), et des approches fondées sur le surclassement une méthode qui repose sur la comparaison des systèmes avant de les agréger, tel que la méthode ELECTRE (Roy B., 1968). Nous utilisons ici l'approche « bénéfice du doute » (*Melyn et Moesen, 1991*), qui est un type d'analyse DEA (Data Envelopment Analysis, initialement développée par Charnes et al., 1978). Elle permet une évaluation globale des performances lorsque les indicateurs sont disponibles mais les pondérations inconnues.

L'évaluation de la multi-performance dans cette étude est réalisée en combinant une approche de modélisation par le modèle d'exploitation bioéconomique Orfee (Mosnier et al. 2017) Le modèle tient en compte des dimensions économiques, sociales et environnementale de la performance globale ainsi que la complémentarité entre plusieurs ateliers. Il a été utilisé pour simuler le fonctionnement et les performances d'exploitation avec des ateliers bovin lait ou viande et porcin, et des exploitations bovines sans atelier porcin.

Nous utiliserons les données issues des enquêtes réalisées en 2019 auprès de plusieurs sites d'élevage de porcs du Massif-Central dans le cadre du projet APORTHE, afin de paramétrer et simuler les fermes. Puis, nous sélectionnerons les indicateurs de performance pour les agréger par la suite afin d'avoir des scores globaux de durabilité. Et finalement, nous analyserons ces scores économétriquement pour pourvoir repérer les principaux déterminants de la multi performance chez les éleveurs en systèmes mixtes bovin-porcin.

## **Matériels et méthode**

Pour évaluer la durabilité et repérer les principaux déterminants des meilleures performances économiques, environnementales et sociales des exploitations en systèmes mixtes bovin-porcin herbagers, nous avons mis en œuvre plusieurs approches méthodologiques (figure 1):

- Simulation du fonctionnement et des indicateurs de durabilité des cas types mixtes (bovin-porcin) et spécialisés bovins par le modèle bio économique ORFEE,
- Agrégation des indicateurs de durabilité en utilisant l'approche « Benefit-Of-the-Doubt » à distance directionnelle,
- Et finalement, régression fractionnelle pour analyser les scores de durabilité économétriquement.

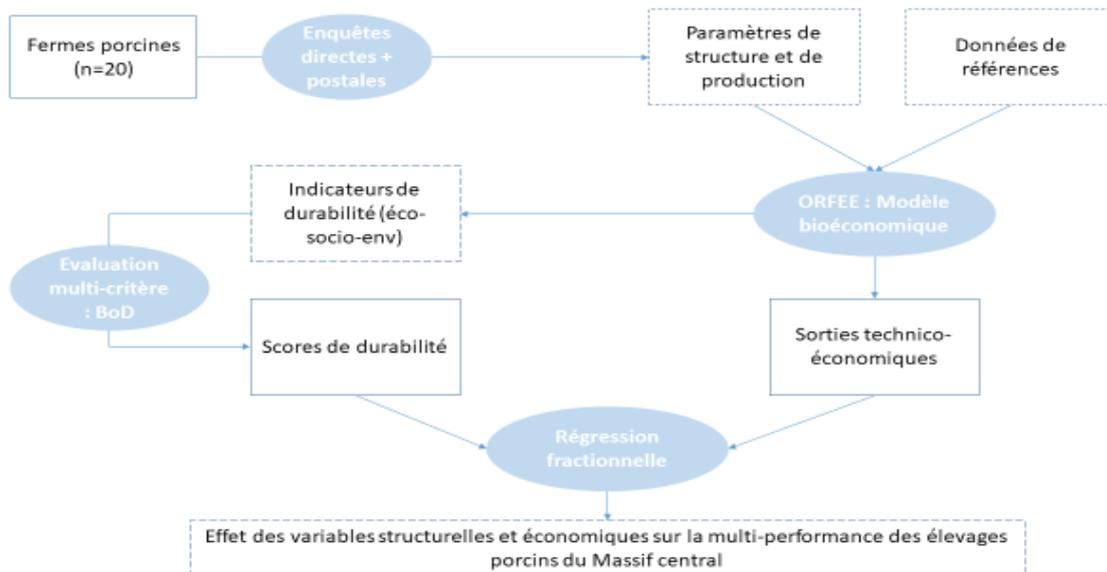


Figure 1 : Aperçu sur la méthode utilisée pour évaluer et analyser la durabilité des exploitations porcines

En mars 2019, une enquête postale a été adressée, dans le cadre du projet APORTHE, auprès de 1250 sites d'élevage de porcs du Massif-Central (Sites ayant produits plus de 10 porcs et produits 1,035 M de porcs charcutiers). Avec 25 % de réponses, des premières évaluations ont été réalisées par les équipes de l'IFIP et l'IRSTEA (actuellement INRAE). Une deuxième enquête chez 23 fermes a été réalisée en 2019, dans les exploitations qui présentent les densités les plus fortes d'élevage porcin, généralement avec des perspectives de durabilité selon le dépouillement d'enquêtes postales et qui regroupent l'ensemble d'orientations de production des systèmes porcins.

Les questionnaires regroupent, des questions fermées qui visaient à recueillir des informations sur l'ensemble des moyens de production (troupeau, surfaces, bâtiments, travail), la conduite de l'atelier porcin (alimentation, automatisation des opérations...), la commercialisation (la démarche de qualité, la vente à la ferme), la gestion des effluents, et des questions ouvertes comme les évolutions passées et envisagées de l'activité bovine et porcine, et l'intérêt et les freins au développement des différents ateliers perçus par les éleveurs. 21% des destinataires, soit 266 exploitants représentant 301 sites ont répondu à l'enquête (Balouzat J. et al, 2020).

Cette étude sera basée sur les données de 20 fermes ayant un atelier d'élevage porcin qui ont été enquêtées de façon plus approfondie par des entretiens directs. Ces exploitations nous serviront pour la paramétrisation des cas types simulés. Nous avons également eu recours aux données de Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT) et Gestion Technico-Economique (GTE) relatives à ces exploitations afin d'avoir des éléments plus détaillés et vérifiés. Parmi les 20 exploitations ; 60% des exploitations n'ont pas de truies (des post sevrés engraisseurs et des engraisseurs), 40% des exploitations ont un système d'élevage naisseurs engraisseurs (Figure 2)

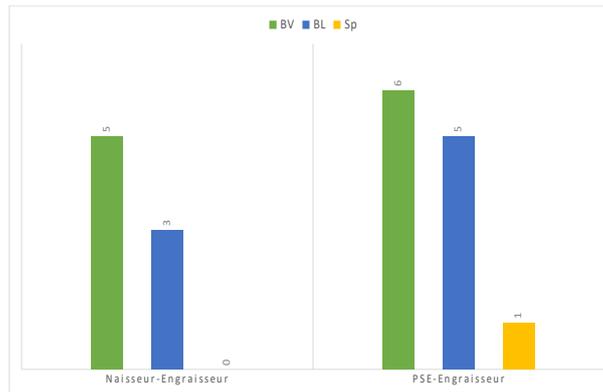


Figure 2 : Répartition des cas types selon l'orientation d'élevage porcin-bovin

Parmi les 20 fermes choisies, 95% ont aussi un atelier herbivore (58% des ateliers bovins allaitants, 37% des ateliers bovins laitiers et 5% avec les deux à la fois). Ces exploitations mixtes comptent en moyenne, 83 vaches allaitantes, 79 vaches laitières, 125 truies et 136 ha de SAU avec des forts écarts types autour de ces moyennes. (Tableau 1)

Tableau 1: Analyse descriptive des variables de dimension des exploitations

Variables de dimension	Nb d'exploitations concernées en %	Moyenne
Nombre de salariés (UMOS)	61%	0,85
Nombre d'associés (UMOAS)	100%	2,10
Surface agricole utile (ha)	100%	136
Surface fourragère principale (ha)	96%	87
Surface de céréales (ha)	91%	30
Nombre de vaches viandes	58%	83
Nombre de vaches laitières	37%	79
Nombre de truie reproduction	40%	125

Le dépouillement d'enquêtes, nous a permis d'apporter les premiers éléments de compréhension de la structure de production et de constituer une base de paramètres liés à l'atelier bovin et l'atelier porcin comme le montre le tableau suivant :

Atelier porcin (source enquête en ferme, résultats pour 2018)		Atelier bovin (source enquête en ferme, résultats pour 2018)	
Truies	Effectifs	Effectifs de vaches allaitantes	
	Taux de réforme	Part des mâles engraisés	
	Nombre de porcelet/truie	Effectifs de vaches laitières	
	Quantité d'aliments	Production laitière par vache	
	Prix d'achat d'aliments		
	Prix de vente		
Porcelets	Part de vente en porcelet		
	Poids		
	Taux de mortalité		
	Quantité d'aliments		
	Prix d'achat d'aliments		
	Prix de vente		
Porc charcutier	Part de vente en porc charcutier		
	Poids d'abattage		
	Age à l'abattage		
	Quantité d'aliments		
	Prix d'achat d'aliments		
	Prix de vente		

Type de bâtiments	
-------------------	--

Nous avons eu recours à des données de différents référentiels pour compléter les données d'entrée qui vont alimenter les simulations. Par exemple, les frais d'élevage et les prix des bâtiments porcins, les besoins en litière et la composition d'aliments porcins proviennent du référentiel de l'institut de porc (IFIP). La production des effluents, leurs capacités fertilisantes et les coefficients d'équivalence des engrais organique en engrais minéral sont tirées de l'Institut technique du porc (ITP) et du Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (CORPEN). Les consommations directes d'énergie dans l'élevage mobilisent les références proposées par Marcon (2009). Les émissions gazeuses liées à l'atelier porcins sont établies à partir des facteurs moyen d'émission proposés par Espagnol (2009) en mobilisant les références Corpen (2003), Sharpe (2001), Godbout (2003), Nicks (2005), Pineiro (2007) ; Gallman, (2003) ; Haeusserman (2006), Osada (1998), Nicks (2002), Nicks (2003), Loyon (2004), Loyon (2006), Loyon 2007, Espagnol (2006) et Paillat (2005).

### **1- Simulation sur Orfée et améliorations apportées au modèle**

A partir des 20 exploitations issues du traitement d'enquêtes, une simulation de 34 cas type a été faite comme première étape, pour pouvoir relever les atouts liés à une gestion conjointe et complémentaire des ateliers bovin-porcins. Les fermes simulés sont divisés en 2 groupes : 17 fermes représentent le fonctionnement technico-économique des exploitations ou s'en rapprochent, en gardant les mêmes activités de production de base (mixité d'ateliers bovin-porcins) et les 19 restantes sont issus des simulations des mêmes fermes mixtes de base mais sans atelier porcins.

Cette étude utilise le modèle d'optimisation bioéconomique Orfee (Optimization of Ruminant Farm for Economic and Environmental assessment), qui est un modèle conçu pour la simulation des systèmes d'élevage associés à la production de prairies et de cultures en France (*Mosnier et al. 2017*). Le modèle est exécuté sur la plate-forme de modélisation mathématique General Algebraic Modelling System (GAMS Development Corporation, Washington, DC, USA) et résolu par le solveur CPLEX (programmation linéaire avec variables binaires).

Le modèle ORFEE représente la production agricole annuelle à l'équilibre avec un niveau de désagrégation mensuel. L'élevage, la production végétale et l'équipement sont optimisés pour un semble de contraintes agronomiques, structurelles et réglementaires pour maximiser une fonction de type espérance-variance du bénéfice net. Les facteurs de variabilité pris en compte sont l'évolution interannuelle des prix et des politiques publiques observées sur la période 2010-2018. Le modèle ORFEE de base permettait de simuler les activités de productions des bovins allaitants, des bovins lait, des ovins viandes, cependant, cette étude concerne des exploitations mixtes bovines-porcines, ce qui a nécessité l'ajout d'un nouveau module de production porcine.

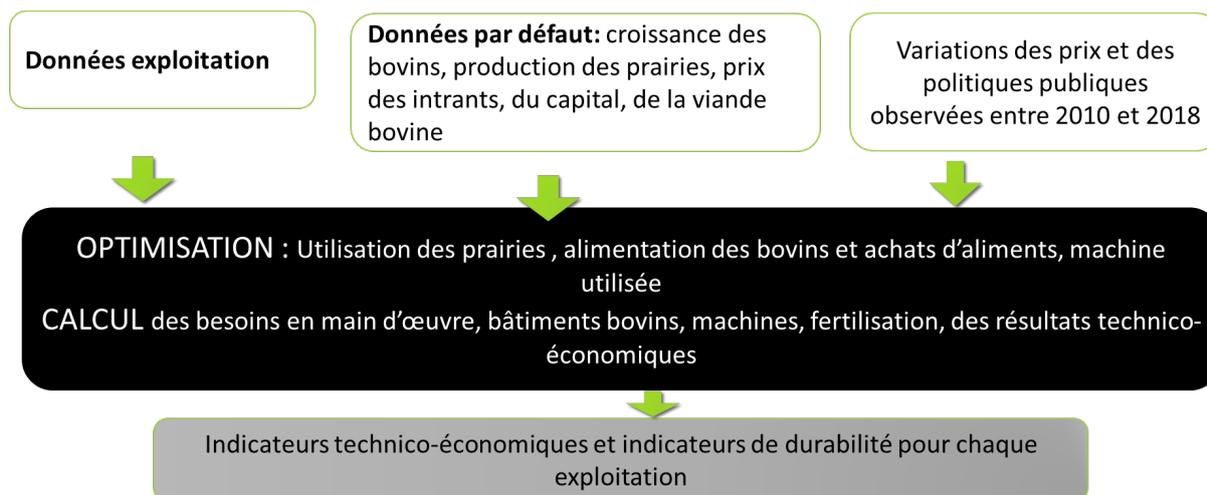


Figure 3 : Représentation du fonctionnement du modèle Orfee

Dans le cadre de cette étude, le modèle a été utilisé pour optimiser le mode d'exploitation des prairies, les rations alimentaires des bovins, la fertilisation, et le choix des bâtiments bovins et machines mobilisés pour les cultures (figure 3). Pour un niveau fixe de surfaces occupées par chaque activité culturale et pour une taille de troupeau donnée.

## 2- Evaluation de la durabilité

- Indicateurs de durabilité

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles, comme la méthode IDEA (Vilain, 2008), EcoAlim (Wilfart et al., 2016), cependant ces méthodes ne sont pas adaptées aux données issues de simulations. De plus, il est à mentionner qu'il n'existe pas un consensus sur les indicateurs et les méthodes d'évaluation existantes ne font jamais l'objet d'un accord. Ainsi les indicateurs choisis dans cette méthode sont basés sur différentes existantes méthodes et adaptés d'un côté, aux données disponibles issues de simulations bioéconomiques et d'un autre côté aux objectifs du projet. L'échelle d'évaluation choisie est celle de l'exploitation dans son ensemble.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les indicateurs utilisés estimés par le modèle Orfee pour les trois principaux piliers de la durabilité (Environnemental, économique et social), leurs objectifs et comment ils ont été calculés :

Tableau 2 : Indicateurs économiques de performance, leurs formules et objectifs

Pilier économique		
Indicateurs	Calcul	Objectif
Revenu par travailleur associé (k€/UMO)	$\frac{\text{Résultat courant (RC)}}{\text{Nombre total d'unité de travail associés}}$ <p>avec</p> $RC = \text{produits} - \text{charges variable et fixe}$	Capacité à rémunérer les travailleurs et le temps de travail dans l'exploitation
Salaire horaire (€/h)	$\frac{RC - \text{salaire des salariés}}{\text{Nombre total d'heure de travail associé + salarié}}$	
Intrants consommés par production (HVE) (%)	$\frac{\text{Coût total}}{\text{Production totale (laides)}}$	Mobilisation des moyens mis à disposition pour produire

Dispersion du revenus (%)	$\frac{\text{Écart – type du RC}}{\text{RC moyen}}$	Quantifier la capacité d'une exploitation à résister à un danger.
Dépendance aux subventions (%)	$\frac{\text{Total des subventions}}{\text{RC}}$	

Tableau 3: Indicateurs sociaux de performance, leurs formules et objectifs

Pilier social		
Indicateurs	Calcul	Objectif
Charge de travail	$\frac{\text{Nombre total d'heures de travail annuel}}{\text{Unité de travail}}$	Quantifier le travail par travailleur pour traduire l'effort mis par chaque travailleur pour faire fonctionner l'exploitation
Emploi/hectare	$\frac{\text{Nombre total d'heures de travail annuel}}{\text{Superficie arable utilisable}}$	Contribution de l'exploitation à l'emploi sur le territoire en quantifiant la densité d'emplois générés par l'exploitation par unité de surface
Energie consommable par l'homme (ECH)	$\frac{\text{Total de l' ECH produite}}{\text{Surface de la terre nécessaire à cette production}}$	Productivité des surfaces agricoles pour produire de l'énergie et des protéines consommables pour l'homme.
Protéine consommable par l'homme (PCH)	$\frac{\text{Total de l' PCH produite}}{\text{Surface de la terre nécessaire à cette production}}$	
Efficiéce énergétique nette	$\frac{\text{Total de l' ECH animale produite}}{\text{Total de l' ECH végétale consommé par les animaux}}$	Efficiéce énergétique et protéique de la production animale dans le cadre de la compétition feed/food et la capacité de la conversion des végétaux en produits animaux à haute qualité nutritionnelle.
Efficiéce protéique nette	$\frac{\text{Total de l' PCH animale produite}}{\text{Total de l' PCH végétale consommable par les animaux}}$	
Cout de production d'énergie comestible	$\frac{\text{Cout total de production}}{\text{ECH produite}}$	Accessibilité des consommateurs à alimentation en évaluant son cout de production.
Cout de production de protéine comestible	$\frac{\text{Cout total de production}}{\text{PCH produite}}$	

Tableau 4 : Indicateurs environnementaux de performance, leurs formules et objectifs

Pilier environnemental		
Indicateurs	Calcul	Objectif
GES/kg protéine	$\frac{\text{kg éq CO}_2}{\text{kg protéine}}$	Contribution au changement climatique en comptant les émissions de chaque intrant utilisé et produit sans compter le stockage de carbone du sol, par rapport à l'efficiéce de la production en terme de protéine.
Fertilisation	Calcul de score proposé par haute valeur environnemental (HVE) qui prend en compte la part des surfaces non fertilisées, la part des	Evaluer les risques de pollution du milieu, de gaspillage des éléments minéraux et de qualité de sol.

	légumineuses, la part des sols nus en hiver, et le bilan apparent d'azote	
Bilan apparent d'azote	$\frac{\text{Excédent de l' azote}}{ha}$	
Consommation d'énergie	$\frac{MJ \text{ consommé}}{kg \text{ produit}}$	Quantifier l'impact de l'activité agricole sur l'épuisement des ressources énergétiques et l'emprise sur les terres agricoles. L'énergie consommée et les surfaces utilisés au niveau de tous les produits et intrants sont pris en compte.
Occupation de surface	$\frac{m^2}{kg \text{ produit}}$	
Biodiversité	Selon critère de haute valeur environnemental France	Evaluer la capacité de gestion de risque au niveau de l'exploitation et au niveau du territoire

- Indicateurs composites : Approche « Benefit-Of-the-Doubt » à distance directionnelle

L'idée de cette étape est d'agrèger les indicateurs ci-dessus au niveau de chacun des piliers, afin de pouvoir résumer toutes les informations en trois scores globaux de performance : scores économique, social et environnemental par une approche du modèle conditionnel de « Benefit of the doubt » à distance directionnelle sera appliquée pour créer les indicateurs composites.

- Approche benefit of Doubt et système de pondération

Le « bénéfice de doute » est une méthode de pondération orientée vers les données, dans le contexte du manque de consensus sur un plan de pondération : à partir des données de l'exploitation elle-même, des informations sur la pondération peuvent être extraite pour l'évaluation comparative des performances. Donc pour déterminer les poids optimaux, le modèle BoD compare relativement chaque exploitation aux autres pour différents critères de performance et cherche l'ensemble des pondérations qui maximisent l'impact des indicateurs de performance favorables à la durabilité et minimisent celui des indicateurs de performance défavorables. Cela implique le modèle général proposé par Rogge N. et al, (2017) :

$$CI_k = \max_{w_{k,1}, \dots, w_{k,q}} \sum_{i=1}^q w_{k,i} Y_{k,i}$$

$$\sum_{i=1}^q w_{k,i} Y_{j,i} \leq 1$$

$$w_{k,i} \geq 0$$

La fonction objective du modèle exprime la valeur optimale de l'indicateur composite CIk (Scores de performance pour chaque exploitations) avec  $W_{k,i}$  et  $Y_{k,i}$ , respectivement, l'ensemble des poids optimal pour l'exploitation k et la performance mesurée de l'exploitation k selon q indicateurs de performance.  $Y_{j,i}$  représente les performances observées centrées et réduites pour toutes les exploitations de l'ensemble de données ( $j=1, \dots, k, \dots, N$ ) mesurées par les q indicateurs de performances.

Pour contourner les problèmes liés à la grande flexibilité de la pondération du modèle, de non adéquation des pondérations générées avec les jugements des experts ou des parties prenantes, deux restrictions supplémentaires ont été ajouté aux coefficients dans cette étude. La première concerne la prise en compte de tous les indicateurs de performance dans la composition des scores globaux, c'est-à-dire qu'aucun des coefficients de pondération soit égal à zéro. La deuxième, propose une série de classement des poids attribués en fonction de leur importance.

- Distance directionnelle

Comme nous l'avons présenté dans la partie précédente, les indicateurs que nous avons pris en compte dans le cadre de cette étude comprennent un mélange d'indicateurs souhaitables (Efficacité énergétique nette, efficacité protéique nette, ...) et indésirables (coût de production lié à l'énergie comestible, Emission des gaz à effet de serre, ...), c'est-à-dire des indicateurs que nous voudrions maximiser et d'autres à minimiser. Plus précisément, la question est de savoir comment agréger ces indicateurs souhaitables et non souhaitables en un score de performance global. Plusieurs approches méthodologiques ont été construites dans ce sens. Cependant, ces approches souffrent de beaucoup de limites. Dans ce cadre, Fusco (2015) et Zanella et al. (2015) ont initié une nouvelle version du modèle BoD à distance directionnelle qui permet de chercher à la fois des améliorations des indicateurs de performance désirables et indésirables des exploitations.

Le vecteur de direction  $(g_l^-, g_r^+) \in \mathfrak{R}(m+s)$  précise la direction exacte dans laquelle les améliorations peuvent être recherchées (avec  $s$  et  $m$  les indicateurs, respectivement, désirable et indésirable). Une projection des données de performance de l'exploitation évaluée  $(y_{k,l}^-, y_{k,r}^+)$ , sera faite par le modèle BoD à distance directionnelle, dans la direction  $(g_l^-, g_r^+)$  de la frontière de performance de référence. Par conséquent, la formule sera écrite comme suit (voir Rogge et al. , 2017 et Zanella et al., 2015) :

$$D_k = \min_{w_{k,r}^+, u_{k,l}^-} \left( - \sum_{r=1}^s w_{k,r}^+ y_{k,r}^+ + \sum_{l=1}^m u_{k,l}^- y_{k,l}^- + v \right)$$

$$\sum_{r=1}^s w_{k,r}^+ g_r^+ + \sum_{l=1}^m u_{k,l}^- g_l^- = 1$$

$$- \sum_{r=1}^s w_{k,r}^+ y_{j,r}^+ + \sum_{l=1}^m u_{k,l}^- y_{j,l}^- + v \geq 0 \quad (j = 1, \dots, N)$$

$$w_{k,r}^+ \geq 0 \quad (r = 1, \dots, s)$$

$$u_{k,l}^- \geq 0 \quad (l = 1, \dots, m)$$

$$v \in \mathfrak{R}$$

Avec :  $D_k(y_{k,l}^-, y_{k,r}^+, g_l^-, g_r^+) =$  La distance directionnelle optimale

$Cl_k = 1/(1+D_k) =$  L'indicateur composite associé à l'exploitation  $k$  évaluée

$y_{j,r}^+$  et  $y_{j,l}^- =$  Les indicateurs  $s$  souhaitable et  $m$  indésirable pour mesurer la performance

$y_{k,r}^+$  et  $y_{k,l}^- =$  Les indicateurs souhaitable et indésirable pour l'exploitation  $k$  évaluée

$w_{k,r}^+$  et  $u_{k,l}^- =$  Les pondérations optimales de BoD pour l'exploitation agricole  $k$  pour les indicateurs de performance souhaitable et indésirable

$y_{k,l}^- - D_k(\cdot)g_l^-$ , et  $y_{k,r}^+ + D_k(\cdot)g_r^+$  : Les valeurs cibles associées pour les indicateurs de performance souhaitables et indésirables.

### 3- Analyse des scores de performance : Régression fractionnelle

Après l'application de l'approche du bénéfice de doute à distance directionnelle, utilisée pour évaluer la performance, nous obtenons des scores d'efficacité qui sont généralement définis sur l'intervalle  $]0,1]$ . Afin d'examiner l'effet de déterminants comme les variables structurelles et contextuelles sur la performance, nous utiliserons donc en deuxième étape, un modèle de régression pour les scores de performance obtenus. Les indicateurs composites du type scores définis sur  $]0,1]$  nécessite l'utilisation de modèles de régression qui sont appropriés pour traiter les données fractionnaires, dans le cadre de l'analyse de déterminants de deuxième étape.

Etant donné que  $y$ , la variable à expliquer qui est dans notre cas le score de performance, est strictement limitée par le haut et le bas, il est en général déraisonnable de supposer que l'effet de toute variable explicative ( $x$ ) est constant sur toute sa plage. En outre, cette spécification linéaire ne peut garantir que les valeurs prévues de  $y$  se situent entre 0 et 1 sans contraintes sévères sur la plage de  $x$ .

Conscients de ces problèmes, Papke et Wooldridge (1996) ont choisi de supposer que la relation logistique et ils ont proposé un modèle de régression fractionnelle logit qui tient en compte de la nature limitée des scores de ce type d'analyse. En 2009 McDonald, confirme l'utilisation de la méthode de Papke et Wooldridge (1996) et reconnaît ses avantages pour les analyses les plus fines. La forme fonctionnelle générale est définie comme suit :

$$L \sim y(\log[g(X\beta)] + (1-y) \log[1-g(X\beta)])$$

Avec ;  $X\beta$  est le prédicteur linéaire, et  $g(\cdot)$  est la fonction de liaison, qui est le logit.

Les variables explicatives qui ont été choisies pour expliquer davantage les scores de performance obtenus sont classés en variables de structure, variables de maîtrise technique, variables contextuelles et variables liées au marché, comme présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Variables explicatives utilisées dans le cadre de la régression

	Variables
Structure	Taille du troupeau (UGB)
	Part UGB porc (%)
	Part UGB bovin viande (%)
	Part UGB bovin lait (%)
	Main d'œuvre associée (%UMOas)
	Main d'œuvre salariale (%UMOs)
	Amortissement
Maîtrise technique	Amortissement/Production brute
	Charge opérationnelle /Production brute
Productivité et production	Production totale
	Production par hectare
Variables de marché	Prix de vente
	Prix d'achat d'aliments
Variables de contrôle	Variable binaire des bovins allaitants
	Variable binaire des bovins laitiers

## Résultats

Dix-neuf indicateurs au niveau des exploitations agricoles liés aux dimensions économique, environnementale et sociale de la durabilité ont été estimés pour chaque système d'exploitation : système mixte bovin allaitant-porc (BV-P), système spécialisé bovin allaitant (BV), système mixte bovin laitier-porc (BL-P) et finalement système spécialisé en bovin laitier (BL). Les résultats pour chaque indicateur sont présentés individuellement, puis agrégés sous forme de score. La distribution de leur valeur est comparée par système. L'analyse des déterminants ou bien des facteurs explicatifs des performances, ne sera pas présentée dans cette version puisqu'elle est en cours de production et sera développée dans la version finale du papier.

- **Durabilité économique**

Les indicateurs économiques sont présentés dans le tableau 6, en moyenne puis en écart-type pour chacun des systèmes d'élevage. Le système mixte des bovins laitiers associés avec les porcins a un revenu moyen de 29,96 k€ par travailleur, supérieur à celui des systèmes avec les bovins allaitants. Ce revenu moyen est légèrement inférieur dans le système bovin laitier spécialisé (28,84 k€/UMO). Le salaire horaire moyen est plus élevé pour les exploitations bovines laitières spécialisées (11,28 €/h), suivi par les exploitations bovines allaitantes en système mixte. Dans les exploitations mixtes bovines allaitantes et laitières, le coût des intrants représente respectivement 53% et 56% de la valeur des

productions. Ces pourcentages se montrent inférieurs pour les systèmes spécialisés. Nous pouvons dire que l'association des systèmes bovin-porcin ne semble pas améliorer l'efficacité des intrants. Entre 2010 et 2018, les exploitations spécialisées en bovin allaitant, ont non seulement le revenu moyen par travailleur le moins élevé, mais aussi le plus variable (le coefficient de variation est de 60 %). Ceci peut être expliqué d'une part par des revenus plus faibles en moyenne et par une plus grande sensibilité aux fluctuations des aides et des prix. Sur cette période les perturbations étaient nombreuses, comme l'envolée du prix des matières premières entre 2010 et 2012. Les exploitations bovin viande en association avec les porcins étaient clairement moins touchées par ces événements avec un revenu moyen de 26,12 k€ par travailleur et une dispersion de revenu beaucoup moins importante.

Tableau 6 : Indicateurs de durabilité économique

		Revenu (k€/UMO)	Salaire horaire (€/h)	Intrants /production (%)	Variation des revenus (CV)	Dépendance aux subv.(%)
BV-P	Moyenne	26,124	10,801	52,516	17,082	108,795
	Ecart-type	33,013	10,094	15,045	20,128	231,270
BV	Moyenne	15,924	8,499	48,589	60,377	571,809
	Ecart-type	13,372	6,973	5,646	116,567	932,207
BL-P	Moyenne	29,969	6,517	56,324	55,628	246,978
	Ecart-type	32,215	6,439	4,887	66,042	358,589
BL	Moyenne	28,841	11,287	38,783	16,797	62,723
	Ecart-type	18,187	1,116	5,516	2,375	26,446

- **Durabilité sociale**

En général, le tableau 8 montre que les exploitations mixtes, qu'elles soient bovines allaitantes ou bovines laitières, associées au porc, obtiennent de meilleurs résultats que les systèmes spécialisés, en ce qui concerne les dimensions sociales de la durabilité.

La contribution des exploitations à l'emploi sur le territoire est représentée par la densité d'emploi générée par les exploitations par unité de surface. En moyenne, la densité d'emploi est élevée dans les systèmes mixtes bovin-porcin par unité de surface (0,33 h/km<sup>2</sup> et 0,59 h/km<sup>2</sup>), combinée à une charge de travail par travailleur inférieure en comparaison avec les systèmes spécialisés. Ceci est dû au fait que les porcins en tant qu'élevage hors sol, permettent d'intensifier la production à l'hectare, et, du fait de la régularité du travail dans l'année de lisser légèrement les pics de travail dans l'année. La productivité des surfaces pour produire de l'énergie et des protéines consommables par l'homme, en moyenne, est également plus élevée pour les systèmes mixtes, notamment dans le système bovin laitier-porcin (134,379 kgProt/ha et 10,182\*10<sup>9</sup>J/ha). Ce dernier s'avère aussi le plus efficace en termes d'énergie et de protéine animale produites. L'efficacité nette de conversion des protéines et d'énergie est fortement liée à l'alimentation et la proportion de l'herbe et d'aliments non consommable par l'homme dans la ration alimentaire des animaux. Elle est aussi améliorée pour les animaux qui ont une efficacité alimentaire forte, comme c'est le cas pour les porcins.

En passant d'un système mixte à un système spécialisé, le coût lié à la production d'énergie et de protéine consommable par l'homme augmente et ainsi l'accessibilité des consommateurs à l'alimentation baisse. Le coût de production du porc est en effet plus faible que celui des bovins, de plus la complémentarité des porcs et des herbivores permet de réduire légèrement le coût de production associés aux bovins et aux cultures.

Tableau 7 : Indicateurs de durabilité sociale

		Emploi/ km2	Charge de travail (h/ UTA)	ECH (10 <sup>9</sup> J/ha)	PCH (kg/ha)	Eff. protéique nette	Eff. énergétique nette	CP PCH (€/kgProt)	CP ECH (€/MJ)
BV-P	Moyenne	0,335	2115,36	8,115	105,256	1,377	0,660	2,149	0,038
	Ecart-type	0,103	186,452	5,959	72,537	0,731	0,566	2,073	0,058
BV	Moyenne	0,248	2211,200	5,963	57,882	1,139	0,866	3,038	0,053
	Ecart-type	0,046	509,842	5,368	31,234	0,807	1,754	1,625	0,048
BL-P	Moyenne	0,591	2412,162	10,182	134,379	3,434	1,718	1,044	0,013
	Ecart-type	0,252	343,838	4,252	67,219	2,569	1,300	0,609	0,007
BL	Moyenne	0,450	2482,578	8,333	96,161	2,803	1,413	1,591	0,019
	Ecart-type	0,160	366,424	2,177	21,470	2,367	1,216	0,340	0,005

- **Durabilité environnementale**

Du point de vue de l'efficacité environnementale, il n'est pas évident de comparer différents systèmes agricoles sur la base des indicateurs par produit de viande bovine, viande porcine ou bien du lait, lorsque ces systèmes produisent des produits très différents. C'est pour cela nous avons choisi d'exprimer les émissions, la consommation d'énergie et l'occupation du sol par kilogramme de protéine produit.

Dans le tableau 8 nous pouvons voir que les exploitations allaitantes spécialisées, ont en moyenne les émissions de gaz à effet de serre (GES) les plus élevées par kg de protéine totale (49,059 kg eq CO<sub>2</sub>/kgProt). Généralement, nous remarquons que les exploitations spécialisées bovins émettent plus de gaz à effet de serre par kg de protéine par rapport aux exploitations mixtes avec les porcins. Cette différence d'émissions en GES s'explique par la meilleure efficacité en terme de GES des porcs ainsi que par la meilleure efficacité des bovins et des cultures en présence de porc. Toutefois, les exploitations spécialisées bovins qui émettent plus de gaz à effet de serre, consomment moins d'énergie et occupent moins de surface (par exemple, 84,31 MJ/kgprot pour les BV contre 173,19 MJ/kgprot pour les BV-P), en moyenne, pour produire un kilogramme de protéine, par rapport aux exploitations mixtes bovins-porcins ; c'est à dire, ils ont moins d'impact sur l'épuisement des ressources énergétiques et l'emprise sur les terres agricoles.

En passant des exploitations mixtes aux spécialisés l'excédent d'azote généré en moyenne par hectare ne varie pas beaucoup. Toutefois, le surplus de N produit est plus élevé dans les systèmes de bovins-allaitants. ; Cette balance azoté excédentaire est traduite probablement par une mauvaise valorisation de l'azote organique et une perte des nutriments.

Tableau 7 : Indicateurs de durabilité environnementale

		GES/kg prot	Conso. Energie (MJ/kgprot)	Occup. surface (m <sup>2</sup> /kgprot)	Bilan apparent d'azote(kgN/ha)	Fertilisation (Score)	Biodiversité
BV-P	Moyenne	48,792	173,194	53,744	31,578	15,400	9,800
	Ecart-type	47,703	183,460	70,819	13,514	1,713	3,458
BV	Moyenne	49,059	84,310	13,847	32,077	14,900	10,200
	Ecart-type	24,273	50,436	11,324	14,598	1,101	3,327
BL-P	Moyenne	31,012	181,350	54,838	23,054	14,286	10,143
	Ecart-type	19,589	137,656	45,065	8,486	1,976	4,100
BL	Moyenne	35,426	172,147	38,277	21,771	14,286	10,143
	Ecart-type	8,225	19,902	10,928	8,149	1,976	4,100

La figure 4 montre qu'en moyenne, les performances économiques baissent légèrement en passant du système mixte bovin viande-porcin à un système d'élevage spécialisé bovin viande. Cependant ces performances augmentent en passant du mixte au spécialisé dans le cas des bovins laitiers. Nous pouvons dire que l'atelier porcine a été le moyen d'améliorer la dimension économique de l'exploitation dans le cas des bovins allaitants. Quel que soit le système mixte, les performances environnementales et sociales sont meilleures par rapport aux systèmes spécialisés. Ces résultats montrent une corrélation négative entre les performances environnementales et sociales d'un côté et les performances économiques d'un autre côté pour le cas des systèmes mixtes bovin lait-porcine et bovin spécialisé. L



Figure 4 : Scores agrégés de la multi-performance en fonction des systèmes d'exploitation

Nous pouvons dire également que, dans un contexte difficile d'accès au foncier ou d'emploi, l'atelier porcine semble être un moyen d'augmenter la performance économique de l'exploitation et de valoriser la main d'œuvre.

Généralement, la mixité bovine-porcine a relevé des résultats mitigés ; un gain en performance économique dans le cas des bovins allaitants, combiné à un gain en performance environnementale et sociale dans les deux systèmes. D'où l'intérêt d'approfondir notre analyse de performance et d'étudier davantage le niveau d'intégration entre ateliers en analysant les déterminants de performance (en cours de production).

**Remerciements** : Les auteurs remercient tous les membres du comité de pilotage du projet Aporthe ainsi que Bruno Douniès, porteur du projet. Nous remercions tout particulièrement Christine Roguet et Laurent Alibert de l'IFIP pour leur aide pour paramétrer le module porcine, Jimmy Balouzat (Ifip) et Hélène Rapey (Inra) pour les enquêtes et leur expertise.

## Références bibliographiques

Binder, C. R., Feola, G., & Steinberger, J. K. (2010). Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental impact assessment review*, 30(2), 71-81.

Błażejczyk-Majka, L., Kala, R., & Maciejewski, K. (2012). Productivity and efficiency of large and small field crop farms and mixed farms of the old and new EU regions. *Agricultural Economics*, 58(2), 61-71.

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Cherchye, L., & Kuosmanen, T. (2004). *Benchmarking sustainable development: a synthetic meta-index approach* (No. 2004/28). WIDER Research Paper.
- Diakit , Z. R., Mosnier, C., Baumont, R., & Brunschwig, G. (2019). Biotechnical and economic performance of mixed dairy cow-suckler cattle herd systems in mountain areas: Exploring the impact of herd proportions using the Orfee model. *Livestock Science*, 229, 105-113.
- Dumont, B., Puillet, L., Martin, G., Savietto, D., Aubin, J., Ingrand, S., ... & Thomas, M. (2020). Incorporating diversity into animal production systems can increase their performance and strengthen their resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 109.
- Espagnol, S., Hassouna, M., Robin, P., Levasseur, P., & Paillat, J. M. (2006, January). Emissions gazeuses de NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> lors du stockage de fumier de porc provenant d'une liti re accumul e: effets du retournement.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology letters*, 14(2), 101-112.
- Fusco, E. (2015). Enhancing non-compensatory composite indicators: A directional proposal. *European journal of operational research*, 242(2), 620-630.
- Giraud-Chatenet S. (2013). Production porcine - Comment donner un avenir   la filière sur le Massif central ?
- H ni F., Braga F., St mpfli A., Keller T., Fischer M., Porsche H., 2003, RISE - a tool for holistic sustainability assessment at the farm level, *International Food and Agribusiness Management Review*, Vol. 6, pp. 78-90.
- Kimura, S., Ant n, J., & LeThi, C. (2010). Farm level analysis of risk and risk management strategies and policies: cross country analysis.
- Kim, K., Chavas, J. P., Barham, B., & Foltz, J. (2012). Specialization, diversification, and productivity: a panel data analysis of rice farms in Korea. *Agricultural Economics*, 43(6), 687-700.
- Lang, A., Dupraz, P., Tregaro, Y., Rosner, P. M., & Perrot, C. (2016). Direct & indirect employment related to French livestock farming. *Journées de la Recherche Porcine en France*.
- Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G., Makowski, D., & Munier-Jolain, N. (2017). Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants*, 3(3), 1-6.
- Marcon, M. (2009). La maîtrise de l'énergie dans la ventilation et le chauffage des bâtiments porcins. *Techni porc*, 32(1).
- Martin, A. E., Collins, S. J., Crowe, S., Girard, J., Naujokaitis-Lewis, I., Smith, A. C., ... & Fahrig, L. (2020). Effects of farmland heterogeneity on biodiversity are similar to—or even larger than—the effects of farming practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 288, 106698.
- Martin, G., Barth, K., Benoit, M., Brock, C., Destruel, M., Dumont, B., ... & Mosnier, C. (2020). Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. *Agricultural Systems*, 181, 102821.
- Melyn, W., & Moesen, W. (1991). Towards a synthetic indicator of macroeconomic performance: unequal weighting when limited information is available. *Public economics research papers*, 1-24.
- Meul, M., Van Passel, S., Nevens, F., Dessein, J., Rogge, E., Mulier, A., & Van Hauwermeiren, A. (2008). MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agronomy for sustainable development*, 28(2), 321-332.
- Mosnier, C., Duclos, A., Agabriel, J., & Gac, A. (2017). Orfee: A bio-economic model to simulate integrated and intensive management of mixed crop-livestock farms and their greenhouse gas emissions. *Agricultural Systems*, 157, 202-215.

- Papke, L. E., & Wooldridge, J. M. (1996). Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (k) plan participation rates. *Journal of applied econometrics*, 11(6), 619-632.
- Rogge, N., De Jaeger, S., & Lavigne, C. (2017). Waste performance of NUTS 2-regions in the EU: a conditional directional distance benefit-of-the-doubt model. *Ecological economics*, 139, 19-32.
- Roguet, C., Perrot, C., Gallot, S., Rieu, M. (2014). Les types d'exploitations agricoles ayant des porcs en France en 2010 : identification, caractéristiques et évolution.
- Roy, B. (1968). Ranking and choice in pace of multiple points of view (ELECTRE method). *Revue Francaise D Informatique De Recherche Operationnelle*, 2(8), 57.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process McGraw Hill, New York. *Agricultural Economics Review*, 70.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J-E, Bockstaller C., Colomb B., Guichard L, Reau R., Antoine Messéan A., Doré T., 2009, MASC, A qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems, *Agronomy for Sustainable Development*, 15 p.
- SCHÄRLIG A., 1985. *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 304 pages.
- Vilain L., Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C., Viaux P., Zahm F., 2008, La méthode IDEA Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles, 3e édition actualisée, Ed. Educagri, Dijon, 184 p.
- Wilfart, A., Dauguet, S., Tailleur, A., Garcia-Launay, F., Willmann, S., Laustriat, M., ... & Espagnol, S. (2016). ECOALIM: French database for the environmental impacts of feed ingredients for animal nutrition. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 48.
- Zahm F., Viaux P., Vilain L., Girardin P., Mouchet C., 2008, Farm Sustainability Assessment using the IDEA Method. From the concept of farm sustainability to case studies on French farms, *Sustainable Development*, Vol. 16, pp. 271-281
- Zanella, A., Camanho, A. S., & Dias, T. G. (2015). Undesirable outputs and weighting schemes in composite indicators based on data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 245(2), 517-530.