

Systemes de production et besoin en travail : l'exemple de la production laitière

Jean-Noël Depeyrot¹ et Cécile Détang-Dessendre²

(1) Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 75007, Paris, France.

(2) UMR CESAER, INRAE, 21000, Dijon France.

Auteur de correspondance : jean-noel.depeyrot@agriculture.gouv.fr

Résumé. Ce document analyse les principaux déterminants de l'emploi dans le secteur de la production laitière française. Grâce à la base de données ADEL (Appariement de données sur les exploitations laitières), qui regroupe diverses sources administratives, il présente une analyse économétrique originale, basée sur un modèle Hermite généralisé appliqué à un large échantillon de 50 087 exploitations produisant du lait de vache sur l'année 2014. Il révèle et quantifie des différences significatives, en matière d'emploi, entre les systèmes laitiers. L'analyse confirme les performances de la production herbagère, en matière de création d'emplois, effet d'autant plus fort que l'on se trouve en agriculture biologique. Certaines indications géographiques entraînent aussi un important surcroît d'emplois dans ces zones rurales. La robustesse statistique de ces résultats confirme ceux précédemment obtenus par différents travaux de terrain.

Mots clés : emploi, lait, herbe, agriculture biologique, économétrie.

Production systems and labour requirements: the example of dairy farming

Abstract. This document analyses the main determinants of employment in the French dairy farming sector. Using the ADEL (French acronym for data pairing on dairy farms) database, which brings together various administrative sources, it presents an original econometric analysis, based on a generalised Hermite model applied to a large sample of 50,087 farms producing cow's milk in 2014. It reveals and quantifies significant differences between dairy systems in terms of employment. The analysis confirms the performance of grassland production in terms of job creation, an effect that is all the stronger when organic farming is involved. Certain geographical indications also lead to a significant increase in employment in these rural areas. The statistical robustness of these results confirms those previously obtained by various field studies.

Keywords: employment, milk, dairy, grass, organic farming, econometrics.

Classification JEL : Q12, Q56, Q57

Ce document de travail ne représente pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. Il n'engage que ses auteurs. L'objet de sa diffusion est de favoriser le débat et d'appeler commentaires et critiques.

Sommaire :

1.	Introduction.....	3
2.	La mesure de l'emploi agricole.....	4
2.1.	Quel décompte de l'activité agricole ?.....	4
2.2.	Mesure de l'activité.....	5
3.	Le besoin en travail selon les caractéristiques des exploitations laitières.....	6
3.1.	Le volume de lait produit.....	6
3.2.	Localisation en zones de plaine ou de montagne	8
3.3.	Systemes fourragers.....	9
3.4.	Agriculture biologique.....	10
3.5.	Les autres signes officiels de qualité	12
3.6.	Les autres productions	14
4.	Les principaux déterminants de l'emploi : choix du modèle d'analyse.....	17
4.1.	La demande de travail des exploitations selon les pratiques mises en œuvre	17
4.2.	Gestion des contraintes sur le décompte de la main-d'œuvre et choix du modèle	17
4.3.	Analyse de l'emploi dans les exploitations laitières : modélisation.....	19
4.4.	Résultats de la modélisation	21
4.5.	Interprétation des résultats.....	24
4.5.1.	Production du lait selon les choix de système.....	24
4.5.2.	Productions sous indications géographiques.....	26
4.5.3.	Existence d'effets de taille ?	28
5.	Conclusion	28
	Annexe 1. - Zonage utilisé.....	30
	Annexe 2 - Statistique descriptive des exploitations laitières en 2014.....	31
	Annexe 3 - Caractère cumulatif des coefficients dans le modèle	34
	Annexe 4 - Effets d'échelle, effets de taille	35
	Annexe 5 - Comparaison de différents modèles sur la localisation en montagne.....	39
	Références bibliographiques	42
	Remerciements :	44

1. Introduction

Entre 2014 et 2022, le cheptel de vaches laitières a chuté de plus de 10 % (Idele, 2023) et la collecte a enregistré un recul avoisinant les 5 %, grâce à un rendement apparent en progression sur la période. L'année 2014 a d'ailleurs constitué le point haut en matière de cheptel et 2015 le point haut en matière de collecte de lait. Depeyrot et Perrot (2020) ont décrit la restructuration profonde et rapide de la production de lait, au cours de ces quinze dernières années, notamment du fait de la suppression des quotas laitiers au 1er avril 2015, qui s'est accompagnée d'une concentration géographique, d'une concentration des exploitations et d'une réduction du nombre d'emplois.

L'emploi total dans les exploitations laitières suit cette tendance baissière, avec des différences selon les systèmes de production. Divers travaux ont en effet mis en évidence des écarts significatifs, en matière de travail, selon les systèmes de production laitiers, à partir de diagnostics agro-économiques (Garambois et Devienne, 2012), de suivis d'exploitations (Fagon et Sabaté, 2011), par la méthode du « bilan travail » (Dedieu et al., 2000) ou au moyen d'analyses de données (Depeyrot, 2017a ; Midler et al., 2019).

Pour mieux comprendre le rôle des pratiques agricoles sur le besoin en travail, ce document analyse les déterminants de l'emploi dans les exploitations bovines laitières et en quantifie les effets. Pour cela, il est nécessaire de bien préciser, à l'échelle de l'exploitation, les volumes collectés, le cheptel, les pratiques mises en œuvre (systèmes fourragers, appartenance à une indication géographique, etc.) et la main-d'œuvre mobilisée. Cette meilleure connaissance permettra d'éclairer les parties prenantes sur les tendances en besoin en travail, les freins et les leviers aux transitions vers un élevage agro-écologique, selon les territoires.

La campagne 2014 est la dernière pour laquelle nous disposons actuellement de l'ensemble des informations nécessaires : (i) la base ADEL (Appariement de données sur les exploitations laitières) réunit, pour l'ensemble des exploitations laitières françaises, différentes données administratives et sources d'informations techniques (Depeyrot, 2017b) et notamment les volumes de lait produits jusqu'à la fin des quotas, en 2014 ; (ii) des informations sur le cheptel, issues de la base de données nationale d'identification (BDNI) ; (iii) le recensement agricole 2010 fournit la quantité de travail dans les exploitations ; (iv) des données individuelles de l'INAO et de l'Agence bio renseignent sur l'implication des exploitations dans un système de production en agriculture biologique (AB) ou dans différentes indications géographiques ; enfin, (v) le registre parcellaire Figure (RPG) renseigne sur les productions végétales et le parcellaire des exploitations. L'appariement de l'ensemble de ces informations a permis de constituer une base d'information unique sur la production laitière française.

Les processus étudiés étant de nature structurelle, ce travail mené sur la période 2010-2014 devrait fournir des informations pertinentes sur les relations entre pratiques d'élevage et travail, que des travaux complémentaires devront confirmer. Une refonte des appariements est en effet en cours et devrait permettre de prolonger l'appariement annuel, après la fin des quotas, et d'assurer la jonction avec le recensement agricole (RA) 2020. Les analyses présentées ici ont donc vocation à être étendues sur la période post-quotas, grâce à ces nouvelles sources.

La première partie de ce document détaille les modalités retenues pour la mesure de l'emploi agricole. La deuxième présente successivement les principaux déterminants de l'emploi dans les exploitations laitières classiquement étudiés dans la littérature. Enfin, l'importance de l'échantillon utilisé permet, dans une troisième partie, de détailler et comparer les effets croisés, grâce au développement d'un modèle économétrique inédit.

2. La mesure de l'emploi agricole

Le travail est un facteur important de la production agricole (Mazoyer et Roudart, 1997). Cependant son estimation est difficile, en raison de l'importance de l'emploi non salarié et du caractère saisonnier de l'activité agricole. La définition même d'un « temps plein » est complexe pour les non-salariés, voire « floue et non homogène » en agriculture (Lacroix et Mollard, 1989), aboutissant par convention à la notion « d'unité de travail annuel »¹ (UTA). Malgré ses imprécisions et un caractère simplificateur (Lacroix et Mollard, 1991), la notion conventionnelle d'UTA reste la plus utilisée, notamment en statistiques.

Parmi les données de la statistique agricole ou les données administratives relatives au secteur agricole, plusieurs sources se réfèrent à la main-d'œuvre au sein des exploitations et à son activité. Le recensement agricole en fournit ainsi un décompte déclaratif exhaustif mais décennal². Le croisement avec les données de la Mutualité sociale agricole (MSA) permet de se rapprocher, sur un pas de temps annuel, d'un décompte en UTA pour un large échantillon d'exploitations.

2.1. Quel décompte de l'activité agricole ?

Dans le recensement agricole, le temps de travail de chaque actif agricole (salarié ou non salarié) est enquêté, en distinguant des tranches d'activité : moins de 25 % d'un temps plein, de 25 à moins de 50 %, de 50 à moins de 75 %, de 75 % à moins d'un temps plein, ou 100 % d'un temps plein. La main-d'œuvre totale des exploitations est alors approchée en cumulant les temps de travail des différents actifs, discrétisés en prenant le milieu de chacune des classes de temps de travail respectivement à : 0,125 ; 0,375 ; 0,625 ; 0,875 ; 1 UTA.

La base ADEL recueille et rassemble, de façon annuelle et pour l'ensemble des exploitations laitières, les données issues de plusieurs sources administratives (Depeyrot, 2017). Ainsi, dans cette base, les données de gestion des quotas laitiers établies par FranceAgriMer permettent de suivre, de façon exhaustive, les volumes de lait collectés et transformés dans chaque exploitation. Les informations concernant le parcellaire et les cultures de ces exploitations, compilées à partir du RPG, géré par l'Agence de services et de paiement, y ont été appariées, complétées d'informations relatives au cheptel bovin issues de la BDNI. Les informations sur les certifications en signes officiels de qualité permettent de compléter la caractérisation des systèmes de production laitiers engagés en agriculture biologique, grâce aux données de l'Agence bio, et en indications géographiques, grâce à celles de l'INAO. Enfin, la base ADEL regroupe des informations sur la main-d'œuvre, grâce aux données individuelles de la Mutualité sociale agricole (MSA) pour les salariés et les non-salariés. Si pour les salariés le temps de travail contractualisé est connu, en nombre d'heures, l'activité des non-salariés, qu'ils soient exploitants ou ayants droit, n'est pas quantifiée dans ces fichiers. Nous ne disposons donc que du décompte de ces actifs non-salariés, sans savoir quelle quotité d'un temps plein chacun consacre à l'exploitation.

Le caractère annuel de la base ADEL, ainsi que la diversité des informations rassemblées sur les exploitations laitières, la rendent toutefois particulièrement intéressante pour développer des

¹ L'unité de travail annuel (UTA) mesure de façon équivalente le temps de travail de toutes les personnes actives sur les exploitations. Une UTA correspond, en France, à un volume de travail équivalent à celui d'une personne à temps complet durant une année, soit un équivalent temps plein (ETP).

² Les enquêtes intermédiaires sur la structures des exploitations agricoles ne portent que sur un échantillon d'exploitations.

analyses sur la structure et l'activité de ces exploitations. Pour aller au-delà d'un simple décompte des actifs non-salariés, nous avons donc choisi d'utiliser les informations issues du recensement agricole 2010. L'appariement avec la base ADEL a permis de récupérer le temps d'activité déclaré sur l'exploitation pour tous les non-salariés recensés en 2010, selon leur statut : exploitant (ou coexploitant), conjoint ou autre (dont les aides familiaux).

Nous avons ensuite fait l'hypothèse d'une constance du temps de travail des non-salariés entre 2010 et 2014. Ainsi, dans une exploitation donnée, un exploitant recensé à temps plein en 2010 sera considéré, lorsqu'il est présent en 2014, comme à temps plein aussi cette année-là. Si les effectifs ont évolué, nous retenons les occurrences les plus fréquentes dans l'exploitation : si en 2014 une exploitation sociétaire présente un exploitant de plus qu'en 2010, et si en 2010 la majorité des associés étaient à temps plein, ce nouvel exploitant sera lui aussi compté à temps plein. De la même façon, si dans une exploitation avec deux exploitants à temps plein et un exploitant à temps partiel en 2010 on ne décompte plus que deux exploitants en 2014, alors on considère que les deux sont à temps complet. Cette règle d'extrapolation est appliquée au cas par cas à chacune des exploitations. L'hypothèse sous-jacente est que l'essentiel des augmentations de taille des exploitations a reposé, entre 2010 et 2014, sur l'augmentation de la productivité physique du travail, ce qui a été confirmé dans l'ensemble des zones et des types de systèmes de production, avec au total 15 000 exploitants en moins (et 13 500 UTA en moins au total) pour 2 milliards de litres de lait en plus (Depeyrot et Perrot, 2019).

Pour les exploitations qui n'étaient pas recensées en 2010, les occurrences les plus fréquentes au niveau national dans les exploitations laitières sont retenues (notamment le temps plein pour les exploitants). Une échelle géoFigure plus fine aurait pu être utilisée, mais les situations sont assez homogènes entre les territoires. En effet, dans tous les départements français, la situation la plus courante, pour les exploitants laitiers, est d'être à temps plein : dans la moitié des départements c'est le cas de plus de 90 % des exploitants, et ce taux ne descend nulle part en dessous de 64 %.

L'impact de cette extrapolation du temps de travail des non-salariés, entre 2010 et 2014, à l'échelle des exploitations, est limité par le fait que les exploitants représentent 77 % des actifs non-salariés présents sur les exploitations en 2010 et sont déjà, dans plus de 85 % des cas, des actifs à temps complet (tableau 1).

2.2. Mesure de l'activité

Le croisement du décompte annuel des actifs non-salariés, issu de la MSA, et de leur activité individuelle, déclarée au RA 2010, permet donc, sous l'hypothèse de stabilité de la structure d'activité de chaque exploitation, d'estimer la classe d'activité de chacun de ces actifs. À l'échelle de l'exploitation, l'analyse de la main-d'œuvre nécessite, à partir de ces classes, de forfaitiser la quotité de travail de chacun des actifs.

Par rapport au décompte de l'activité utilisé dans le recensement agricole, nous avons regroupé les classes d'activité de la façon suivante : moins de 50 %, de 50 à moins de 100 % et 100 % d'un temps plein. Diminuer le nombre de classes nous permet d'obtenir de nouvelles catégories, que leurs effectifs, globalement équilibrés, autorisent à forfaitiser autour de leur valeur centrale, respectivement à 0,25, 0,5 et 1 ETP (tableau 1).

Tableau 1 - Actifs non-salariés des exploitations laitières en 2010 selon leur taux d'activité

Enquêté RA 2010 : % d'un temps plein]0-25%[[25-50%[[50-75%[[75-100%[100%
Exploitants et coexploitants	1 808	2 000	2 718	3 459	107 522
Autres actifs non-salariés	11 951	6 659	3 647	1 714	9 116
<i>Classe d'activité</i>	<i>]0-50%[</i>		<i>[50-100 %[</i>		<i>100 %</i>
<i>Forfait ETP</i>	<i>0,25</i>		<i>0,75</i>		<i>1</i>

Source : traitement CEP, données RA 2010

Le temps de travail salarié par exploitation, connu d'après le nombre d'heures contractualisées, mais ne comprenant pas forcément les heures supplémentaires, est forfaitisé selon la même méthode que le temps de travail non salarié, en comptant un équivalent temps plein à 1 820 heures. La main-d'œuvre totale des exploitations laitières peut alors être décomptée par tranche de 0,25 ETP, entre main-d'œuvre non-salariée et salariée (tableau 2).

Tableau 2 - Décompte de la main-d'œuvre dans les exploitations laitières en 2014

	Nombre d'exploitations (N)	Moyenne	Médiane	Écart- type	1 ^{er} quartile	3 ^e quartile	Min.	Max.
<i>Main-d'œuvre totale (ETP)</i>	55 087	2,03	2,00	1,14	1,00	2,25	0,25	20,25
- non-salariée	55 087	1,73	2,00	0,84	1,00	2,00	0,25	10,25
- salariée	55 087	0,29	0,00	0,70	0,00	0,25	0,00	18,00
- salariée si présente	16 604	0,92	0,74	0,99	0,24	1,19	$5 \cdot 10^{-4}$ (1 h)	18,00

Source : traitement CEP, données base ADEL

3. Le besoin en travail selon les caractéristiques des exploitations laitières

Cette description des exploitations laitières à grands traits va permettre une première analyse des différents systèmes de production et de la place du travail dans ces systèmes.

3.1. Le volume de lait produit

Les exploitations laitières étant particulièrement spécialisées, le volume de lait produit y est l'un des principaux déterminants de l'emploi. En effet, Lang *et al.* (2015) ont estimé, à partir du recensement agricole de 2010, que 72 % du volume de travail agricole au sein de ces exploitations étaient consacrés à l'atelier bovins lait (contre 48 % en bovins viande et 46 % en porcins). Dans ces travaux, le poids de l'atelier lait au sein des UTA totales de chaque exploitation était analysé en utilisant le cheptel de vaches laitières comme variable indicatrice par rapport aux autres ateliers (caractérisés par les surfaces et cheptels dédiés).

Une autre manière, complémentaire, d'aborder le poids de l'atelier lait consiste à prendre en compte, plutôt que le nombre de vaches, le volume de lait produit. Celui-ci, sur la période antérieure à 2015 qui nous concerne, peut être approché par le quota laitier ou bien, pour les éleveurs livrant à l'industrie, par les livraisons effectives de lait. Le quota laitier distingue les volumes destinés à la livraison de ceux destinés à la transformation sur l'exploitation. Par ailleurs, les quotas livraison et les volumes effectivement collectés sont étroitement corrélés³ en raison de la faiblesse des sous et sur-réalisations individuelles. La production de lait pour

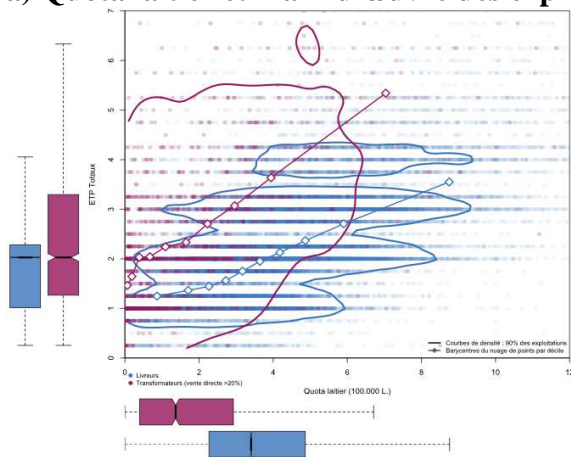
³ Le coefficient de corrélation entre les deux variables est de 0,938 avec une p.value < 2,2*10⁻¹⁶, et un intervalle de confiance à 95 % de [0,937 - 0,939].

transformations à la ferme, si elle était aussi encadrée par des quotas, n'est pas aussi finement connue que les livraisons, mais le quota vente directe en constitue la meilleure estimation possible. Le quota laitier total, cumul du quota livraison et du quota vente directe, permet d'approcher au plus près l'ensemble des volumes produits sur l'exploitation, quelle que soit leur destination.

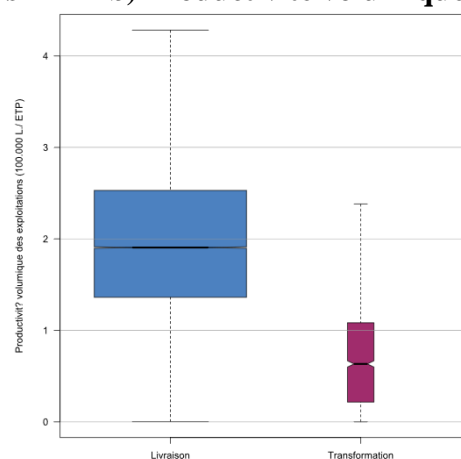
Au-delà de la production, livraison ou transformation sont deux activités qui structurent différemment les systèmes de production (Figure 1a). Les 3 % d'exploitations qui transforment au moins 20 % du lait qu'elles produisent ont, d'une part, des ateliers plus petits (en moyenne 202 340 litres de quota total en 2014 contre 380 820 pour les autres, et la moitié des transformateurs gèrent moins de 136 900 litres de quota, contre 340 000 pour les livreurs), et mobilisent, d'autre part, plus de main-d'œuvre (2,7 ETP en moyenne contre 2,0). Le nuage de point issu du croisement, pour chacune des exploitations présentes dans la base ADEL, du quota total par exploitation et de la main-d'œuvre totale, suggère un lien important entre les deux (diagramme central), qu'il s'agisse d'ateliers livreurs ou transformateurs. Les deux nuages de points obtenus en distinguant ces deux types d'exploitations diffèrent largement. Si les deux montrent une quantité de travail croissante en fonction du volume de lait, la différence de pente entre les deux nuages fait ressortir une intensité en travail supérieure chez les transformateurs. Les livreurs gèrent en effet un volume de lait nettement supérieur aux transformateurs (diagramme horizontal), mais avec une main-d'œuvre totale comparable (diagramme vertical). La productivité volumique des exploitations (ensemble du quota divisé par la main-d'œuvre totale) est ainsi largement supérieure dans les ateliers orientés vers la livraison de lait (Figure 1b). La transformation du lait sur l'exploitation implique ainsi une quantité de travail supplémentaire très importante.

Figure 1 - Quota laitier, main-d'œuvre et productivité volumique des exploitations laitières, selon le type d'atelier, en 2014

a) Quota laitier et main-d'œuvre des exploitations



b) Productivité volumique



Source : traitement MASA-CEP, données base ADEL.

Lecture : chaque point du Figure a) correspond à une exploitation de l'échantillon, selon le type d'atelier. Les lignes colorées représentent les zones de densité maximale du nuage de points regroupant 90 % des exploitations, selon leur type d'atelier (méthode : voir Depeyrot, 2017). Pour chaque nuage de points, une courbe relie les barycentres calculés sur ce nuage pour chaque décile de quota laitier, afin de figurer la « pente » du nuage. Les diagrammes en barre dans les marges de la Figure a) et dans le Figure b) représentent la dispersion de chacune des deux variables étudiées : chaque boîte représente les deuxième et troisième quartiles de la distribution de chacune des classes, la ligne centrale indique la médiane et les encoches son intervalle de confiance. Lorsqu'entre deux groupes les encoches ne se recouvrent pas, leur médiane est statistiquement différente. Les lignes à l'extérieur des boîtes

indiquent la dispersion du groupe.

3.2. Localisation en zones de plaine ou de montagne

Malgré la concentration de la production dans les zones de plaine, en particulier du Grand Ouest, la production laitière reste importante en zone de montagne. En 2014, près de 15 500 exploitations laitières françaises (22 % des sites de production, données base ADEL, calcul des auteurs) étaient situées en zone de montagne et de piémont, au sens de l'Indemnité compensatoire de handicaps naturels (ICHN)⁴. Le classement des communes en zones de montagne ICHN obéit à deux critères croisés : l'altitude et la déclivité des terrains communaux. Le zonage ICHN prend aussi parfois en compte la situation des communes limitrophes en vue de zonages cohérents et non morcelés. Afin de cibler plus précisément les contraintes climatiques liées aux écosystèmes de montagne, en particulier la période de végétation raccourcie, nous avons construit une définition plus restrictive de la « zone de montagne ». Nous avons ciblé, au sein de la zone de montagne ICHN, les communes ayant une altitude moyenne supérieure à un certain seuil (et *in fine* les exploitations ayant leur siège dans ces communes).

Sans fixer ce seuil communal *a priori*, nous avons modélisé économétriquement le lien entre volume de travail et systèmes de production dans les exploitations laitières (voir partie 3), en faisant varier ce ciblage. Quatre modèles construits pour ce travail ont ainsi été systématiquement calculés avec un seuil variant de 100 à 800 m d'altitude (annexe 5). Il ressort de cet ensemble de modélisations que le seuil de 700 mètres d'altitude est celui, cumulé au zonage ICHN, pour lequel la zone de montagne est la plus significative. La carte du zonage ainsi déterminé est disponible en annexe 1. Ce zonage permet d'isoler un échantillon de 7 524 exploitations sur 55 087 dont le siège est situé en zone de montagne (tableau 3).

Tableau 3 - Exploitations laitières dont le siège est localisé en zone de montagne au sens de l'ICHN (échantillon base ADEL) en 2014

Massif	Altitude de la commune <=700m	Altitude de la commune >700m
Alsace	249	107
Jura et Alpes	1 074	2 592
Auvergne	3 452	4 701
Pyrénées	315	124
Total	5 091	7 524

Source : traitement CÉP, données base ADEL.

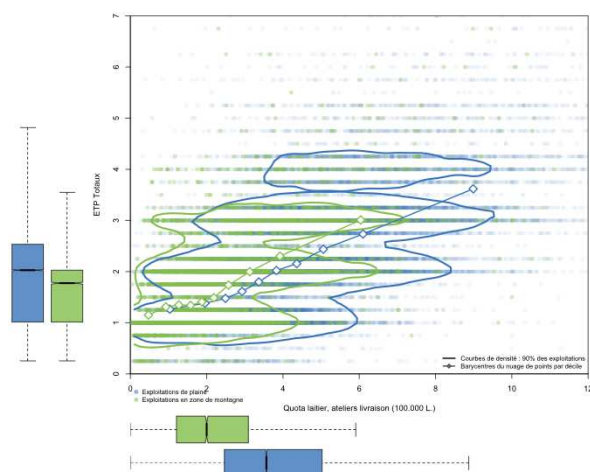
Le volume de lait géré par ces exploitations de montagne (figure 2) est généralement très inférieur à celui des exploitations de plaine (la moitié gère moins de 200 000 L de quota, contre 356 500 L en plaine, avec une moyenne de 235 300 L contre 397 800 L), pour une main-d'œuvre légèrement inférieure (1,75 ETP en montagne en moyenne contre 2,00 en plaine, médianes à 1,78 et 2,06 ETP). Ceci témoigne d'une productivité volumique plus faible, notamment en raison de rendements fourragers et laitiers moindres, et d'un temps de travail

⁴ On recense 15 493 exploitations détentrices de quota en zone montagne de l'ICHN en 2014, dont 12 615 entièrement appariées dans la base ADEL entre les différentes données sources. Pour la suite de ce travail, seul l'échantillon totalement apparié de la base ADEL (55 087 exploitations sur 67 747) sera utilisé. La base inclut une pondération de cet échantillon, basée sur le quota et la localisation, pour l'extrapoler à la population générale, mais nous avons choisi de ne pas l'utiliser dans les modélisations présentées ici car elle ne prend pas en compte le détail des systèmes de production.

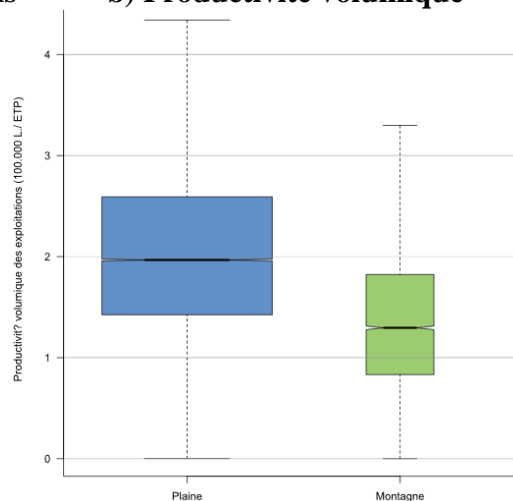
supérieur sur les parcelles et pâtures en pente. Par ailleurs, les ateliers de transformation sont beaucoup plus répandus en zone de montagne, avec 10,9 % des exploitations y consacrant plus de 20 % de leur quota, contre 1,7 % en plaine, ce qui accentue les différences constatées entre les zones (tableau 4).

Figure 2 - Quota laitier, main-d'œuvre et productivité volumique des exploitations laitières, selon leur localisation, en 2014

a) Quota laitier et main-d'œuvre des exploitations



b) Productivité volumique



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : voir Figure 1

Tableau 4 - Exploitations laitières selon leur orientation et leur localisation en 2014

	Plaine	Montagne	Total France
Livreurs	46 748	6 732	53 480
Transformateurs	815	792	1 607
(>20 % du quota)	1,7 %	10,9%	2,9 %
Total	47 563	7 254	55 087

Source : traitement CEP, données base ADEL.

3.3. Systèmes fourragers

Des précédents travaux (Depeyrot, 2017a) ont montré que, selon leur système fourrager, l'intensité en main-d'œuvre des exploitations laitières est significativement différente, avec une médiane à 0,8 ETP (totaux) pour 100 000 L de lait dans les exploitations purement herbagères, qui décroît progressivement lorsque la part d'herbe diminue au profit du maïs, jusqu'à moins de 0,5 ETP pour 100 000 L pour les exploitations consacrant plus de la moitié de leurs surfaces fourragères au maïs. En reprenant la définition stricte de Perrot *et al.* (2013), nous considérons ici comme « herbagers » les systèmes qui consacrent moins de 10 % de leur surface fourragère principale (SFP) au maïs⁵ et qui ont moins de 15 ares de maïs par vache laitière. Les mêmes écarts ressortent, avec des exploitations herbagères qui produisent significativement moins de lait que les non herbagères, malgré une quantité de travail peu différente (Figure 3). La productivité volumique est alors plus faible dans les systèmes herbagers.

⁵ Ici, la SFP inclut les surfaces en maïs grain, et le terme « maïs » désigne le maïs ensilage et le maïs grain, faute de pouvoir distinguer les deux de façon fiable dans les sources utilisées.

Par ailleurs, les exploitations herbagères sont beaucoup plus fréquentes en zone de montagne, où elles représentent 90,2 % des exploitations, contre 12,9 % en plaine (tableau 5). Localisation et systèmes se combinent et une analyse toutes choses égales par ailleurs est nécessaire pour en préciser les effets propres.

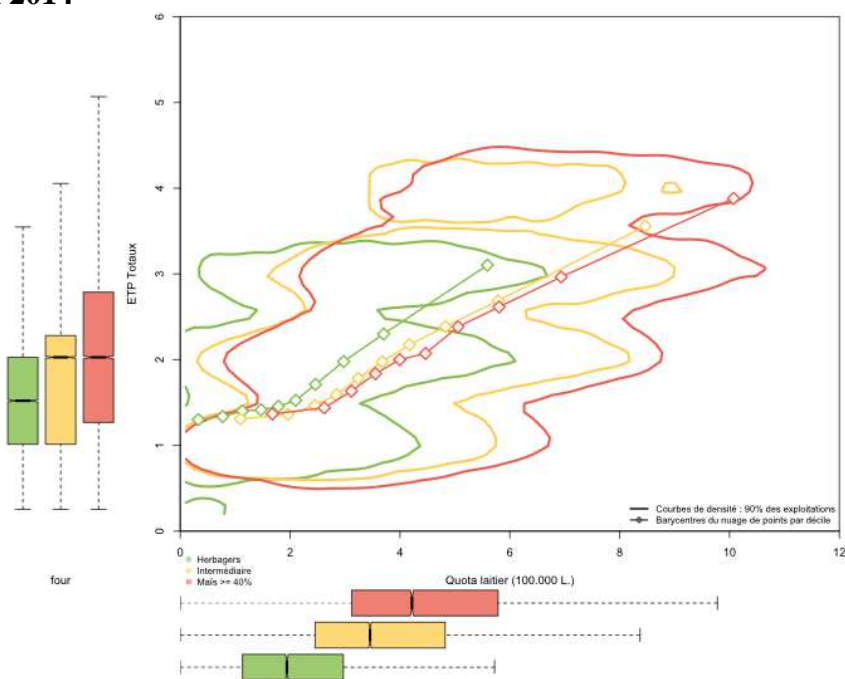
Tableau 5 - Exploitations laitières selon leur système fourrager et leur localisation en 2014

	Plaine		Montagne		Total France	
Herbagers (<10 % de maïs dans la SFP et <15 a. de maïs par VL)	6 157	12,9 %	6 545	90,2 %	12 702	23,1%
Non herbagers	41 406	87,0 %	979	13,5 %	42 385	76,9 %
dont maïs >40% SFP	17 372	36,5%	18	0,2 %	17 390	31,6 %
Total	47 563		7 254		55 087	

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Comme évoqué, même parmi les exploitations non herbagères, les différences entre systèmes fourragers peuvent être très importantes. En complément de ce caractère herbager ou non, les exploitations reposant le plus sur le maïs (avec 40 % ou plus de leur SFP qui y est consacrée) seront distinguées aussi dans la suite des travaux.

Figure 3 - Quota laitier et main-d'œuvre des exploitations laitières, selon le système fourrager en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : voir Figure 1

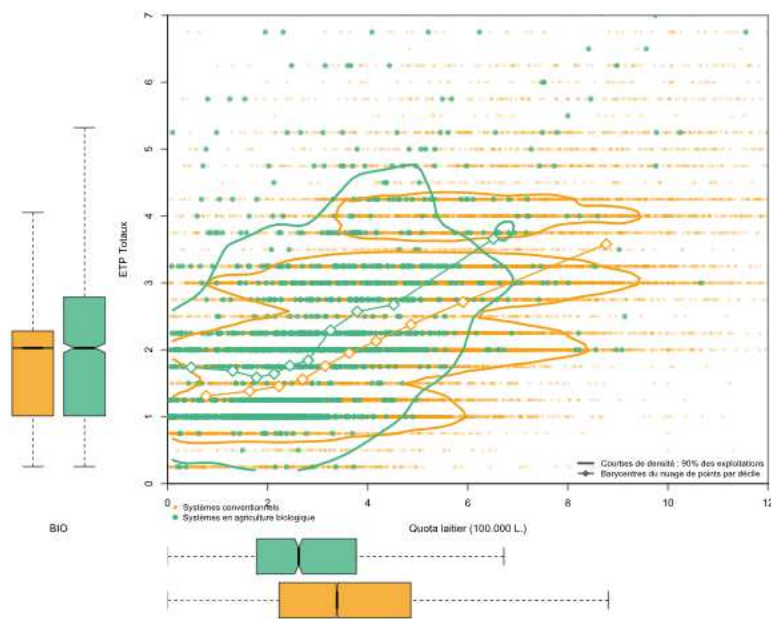
3.4. Agriculture biologique

La production de lait en agriculture biologique s'est rapidement développée depuis la création de son cahier des charges, au début des années 1990 (Baron *et al.*, 2020). De confidentielle, elle a dépassé les 460 millions de litres en 2012, avant d'atteindre 1,2 milliard de litres et de dépasser 5 % de la collecte en 2021 (FranceAgriMer, 2022). Les exploitations laitières en AB ont des

quotas significativement inférieurs à ceux des exploitations conventionnelles (Figure 4), avec 290 000 L contre 378 000 L en moyenne, pour des quantités de travail comparables (médiane à 2 ETP pour les deux groupes), et même légèrement supérieures en AB (2,15 ETP en moyenne contre 2,00).

Les systèmes fourragers déployés sont sans doute, au moins pour partie, responsables de ces écarts : les fermes en AB mettent très majoritairement en œuvre des systèmes herbagers et 4 % seulement des exploitations en agriculture biologique consacrent moins de 75 % de leurs surfaces fourragères à l'herbe (source : auteurs d'après base ADEL).

Figure 4 - Quota laitier et main-d'œuvre des exploitations laitières conventionnelles ou biologiques, en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : voir Figure 1.

La distribution des exploitations en agriculture biologique, entre plaine et montagne, suit la distribution des exploitations laitières conventionnelles. Dit autrement, en 2014, les zones de montagne ne concentrent pas plus de fermes en AB que les zones de plaine (3 % des exploitations). En plaine et encore plus en montagne, dans les exploitations en AB, l'herbe a une place majeure dans le système fourrager mis en place : 73 % des exploitations en AB de plaine et quasiment toutes celles de montagne sont en système herbager (tableau 6). Cependant, les systèmes herbagers étant très majoritaires en montagne (87 % des exploitations), les exploitations en AB ne se distinguent pas sur ce point des conventionnelles. En revanche, en plaine, 17 % des exploitations herbagères sont en AB alors que c'est le cas de moins de 1 % des exploitations non herbagères.

Tableau 6 - Exploitations laitières selon leur système de production, leur localisation et leur mode de production en 2014

	Plaine		Montagne		Total France		Total
	Non herbagers	Herbagers	Non herbagers	Herbagers	Non herbagers	Herbagers	
Conventionnels	41 019	5 117	976	6 319	41 995	11 436	53 431
Agriculture bio	387	1 040	3	226	390	1 266	1 656
Total	41 406	6 157	979	6 545	42 385	12 702	55 087

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Malgré la prédominance des systèmes herbagers, plus d'un quart des exploitations en AB de plaine (387, pour la plupart situées dans le Grand Ouest) apparaissent, selon notre définition stricte, comme « non herbagères ». Dans ces exploitations, le maïs n'a toutefois qu'une part minoritaire dans les systèmes fourragers : la moitié lui consacre moins de 14,1 % de la SFP et 80 % moins de 20 % (pour une moyenne à 15,5 %). La place de l'herbe dans l'alimentation des vaches laitières y reste donc prépondérante, d'autant plus que 60 % de ces exploitations ont un autre atelier d'élevage (51 % ont des bovins allaitants, 14 % ont des volailles, et 11 % des porcs).

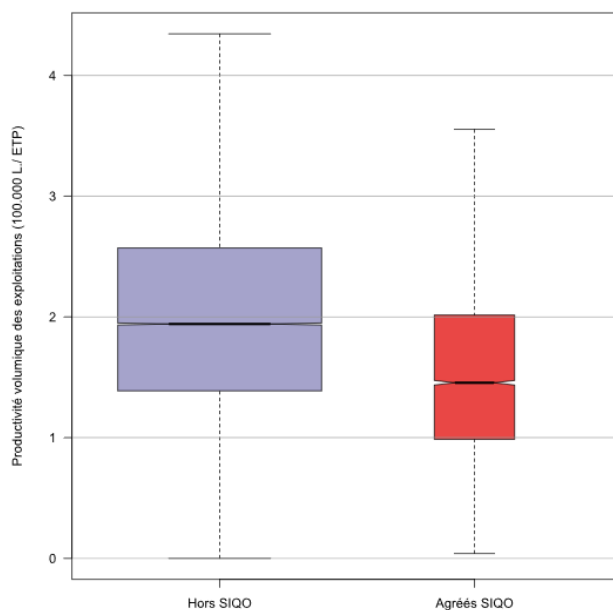
3.5. Les autres signes officiels de qualité

Au-delà de l'agriculture biologique, les indications géographiques (IG), telles les Appellations d'origine protégée (AOP) ou Indications géographiques protégées (IGP), sont largement développées en secteur laitier, notamment pour la fabrication de fromages. Leurs cahiers des charges comprennent des contraintes spécifiques sur les systèmes de production (localisation, types de fourrages, races bovines, etc.). Ces contraintes pourraient expliquer que la productivité volumique est souvent inférieure dans les exploitations sous IG par rapport aux exploitations non engagées dans ces cahiers des charges (Figure 5).

Les cahiers des charges, comme les conditions de production des différentes IG laitières, sont toutefois très variés. Un regroupement des différents signes en catégories plus homogènes (tableau 7), établi avec les experts de l'INAO, sur la base des systèmes alimentaires des vaches laitières, précise les différences de productivité volumique des exploitations (Figure 6), avec des écarts significatifs entre les groupes.

Ces cahiers des charges impliquent notamment des contraintes de localisation (souvent en montagne) ou sur le caractère herbager. Ces deux facteurs pourraient ainsi expliquer au moins pour partie les écarts de productivité constatés. De même, la place de la transformation fermière diffère selon les appellations (tableau 7). Une analyse croisée est donc nécessaire pour identifier si l'adhésion à une IG (et si oui lesquelles) a bien un effet propre, au-delà des éventuelles conduites herbagères et en zone de montagne.

Figure 5 - Productivité volumique des exploitations laitières en 2014, selon leur adhésion à une IG



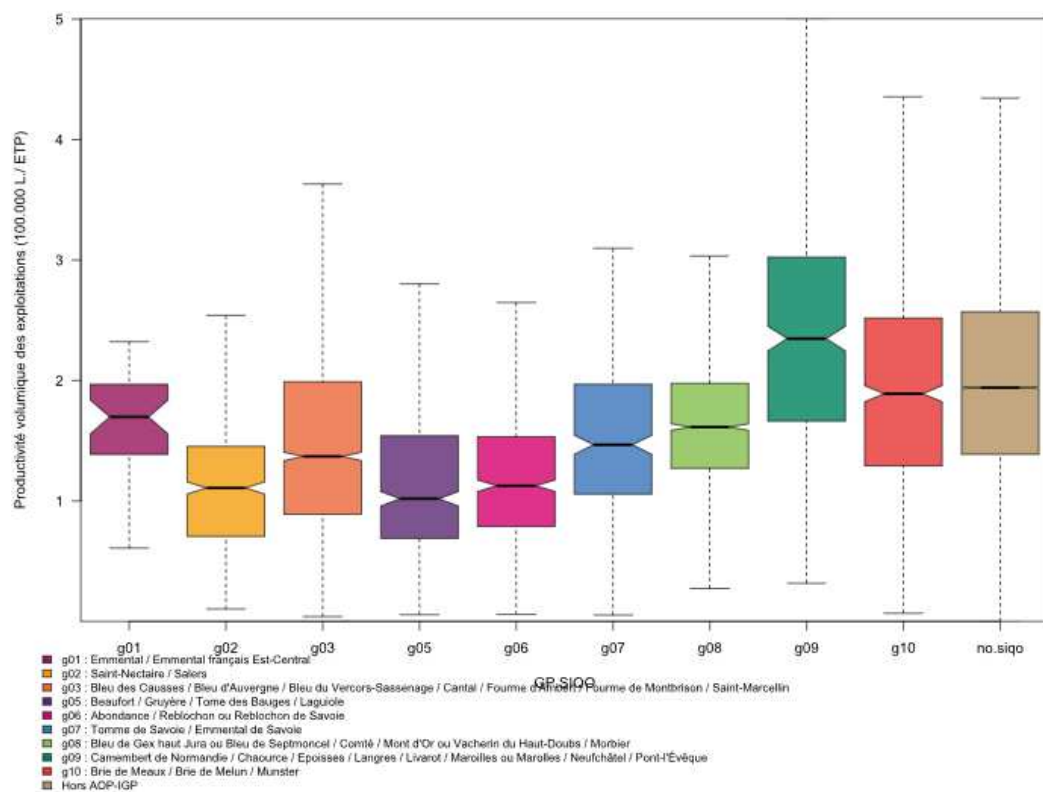
Source : traitement CEP, données base ADEL.

Tableau 7 - Indications géographiques groupées selon les systèmes d'alimentation et nombre d'exploitations dans la base ADEL selon l'activité en 2014

Ensilage de maïs	Ensilage d'herbe	Pâturage	Intraconsommation de céréales	Groupe d'IG	Nombre d'exploitations	Dont quota transformation >0			
Interdit	Interdit	Durée minimum	Peu ou pas de terres labourables	05 AOP Beaufort, Tome des Bauges, Laguiole ; IGP Gruyère	505	75	14,9 %		
				06 AOP Abondance, Reblochon	604	155	25,7 %		
				08 AOP Comté, Mont-d'Or, Morbier, Bleu de Gex	1 642	22	1,3 %		
				01 IGP Emmental français Est-Central ; Emmental Label Rouge	43	0	0 %		
		Autorisé	Autorisé	Pas de règle	Possible	07 IGP Tomme de Savoie, Emmental de Savoie	328	22	6,7 %
						02 AOP Saint-Nectaire, Salers	558	241	43,2 %
				Durée minimum de pâturage		03 AOP Bleu des Causses, Bleu d'Auvergne, Bleu du Vercors-Sassenage, Cantal, Fourme d'Ambert, Fourme de Montbrison ; IGP Saint-Marcellin	2 444	113	4,6 %
						09 AOP Camembert de Normandie, Chaource, Époisses, Langres, Livarot, Maroilles, Neufchâtel, Pont-l'Évêque	441	38	8,6 %
						04 IGP Tomme des Pyrénées	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
				Pas de règle sur le pâturage		10 AOP Brie de Meaux, Brie de Melun, Munster	828	114	13,8 %
<i>Hors IG fromagères</i>					47 694	2 872	6,0 %		

Source : typologie INAO, traitement CEP, données base ADEL.

Figure 6 - Productivité volumique des exploitations laitières en 2014, selon leur adhésion à différents types d'IG



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : chaque boîte représente les deuxième et troisième quartiles de la distribution de chaque classe, la largeur de la boîte figure les effectifs de chaque groupe. La ligne centrale indique la médiane (affichée en dessous) et les encoches son intervalle de confiance. Lorsqu'entre deux groupes les encoches ne se recouvrent pas, leur médiane est statistiquement différente. Les lignes verticales indiquent la dispersion du groupe.

3.6. Les autres productions

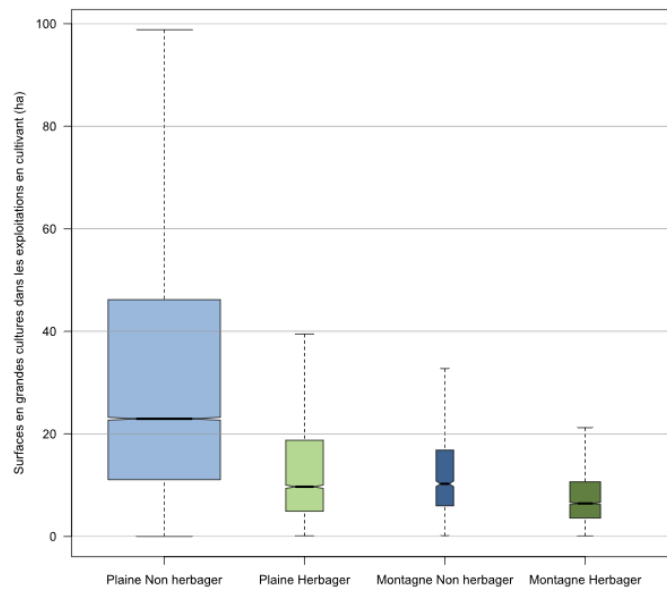
La base ADEL couvre l'ensemble des exploitations produisant du lait de vache, qu'elles soient spécialisées ou non spécialisées. Parmi les ateliers non laitiers mis en place dans les exploitations laitières, et mobilisant du temps de travail, les principales activités recensées sont la production de grandes cultures, l'élevage bovin allaitant, les élevages porcin, avicole, ovin et caprin.

Ainsi plus de 83 % d'entre elles (45 900 exploitations) travaillent des surfaces en grandes cultures⁶, sur une superficie moyenne de 32,5 hectares. Sans surprise, c'est essentiellement en zone de plaine, dans les exploitations non herbagères, que ces grandes cultures sont développées, s'insérant dans les rotations culturales en alternance avec le maïs (Figure 7).

De même, 43 % des exploitations laitières (23 650) possédaient au moins une vache de race allaitante en 2014, avec un cheptel moyen de 14 vaches allaitantes (pour 55 vaches laitières). Ces troupeaux allaitants dans les exploitations laitières se retrouvent aussi bien en plaine qu'en montagne, et dans les différents systèmes fourragers (Figure 8).

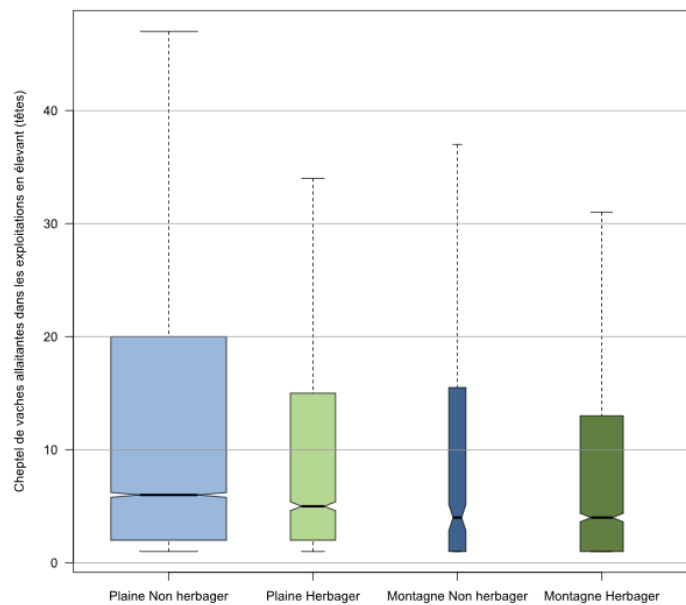
⁶ Ici, les grandes cultures regroupent les céréales hors maïs (compté entièrement dans la SFP), les oléagineux et les cultures industrielles.

Figure 7 - Surfaces en grandes cultures des exploitations laitières en cultivant en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Figure 8 - Cheptel de vaches allaitantes des exploitations laitières en élevant en 2014



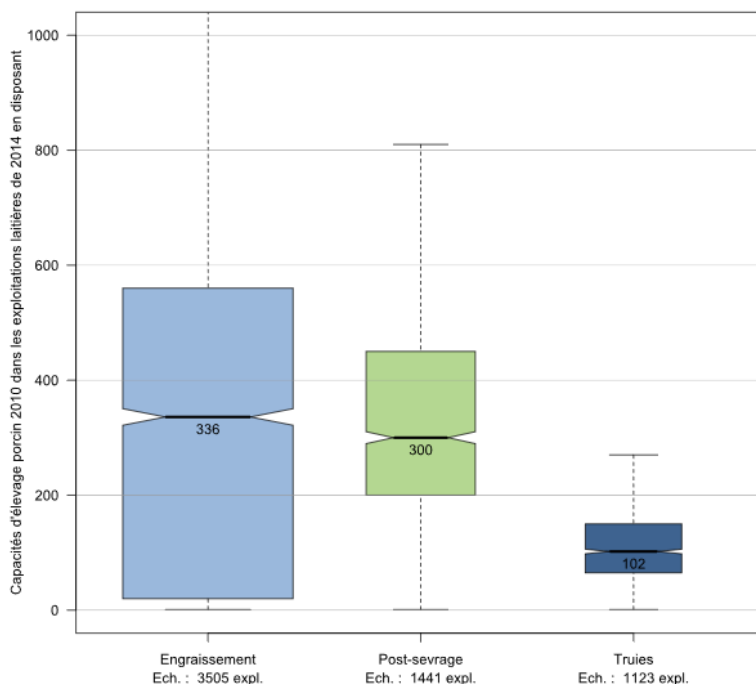
Source : traitement CEP, données base ADEL.

Dans les 55 087 exploitations de l'échantillon produisant du lait en 2014, près de 8 % étaient recensées en 2010 comme possédant un élevage porcin (tableau 8), avec des capacités d'élevage moyennes non négligeables, et la plupart du temps en tant qu'engraisseeurs (Figure 9). Deux tiers d'entre elles disposaient de capacités d'élevage pour au moins 20 porcs ou 5 truies. L'activité porcine est donc significative dans un nombre non négligeable d'exploitations laitières, et elle a vraisemblablement des implications importantes sur la quantité de travail totale. Par ailleurs, l'imbrication des élevages porcin et laitier est importante puisque en 2010, parmi les exploitations porcines significatives (plus de 100 porcs ou 20 truies), 23 % étaient des producteurs laitiers et ils rassemblaient 17 % des porcs (Roguet *et al.*, 2014).

De même, 19 % des exploitations laitières de 2014 élevaient des volailles pondueuses ou de chair en 2010. Hors basses-cours, 2 % des exploitations avaient un élevage de poules pondueuses et 6,5 % un atelier de volailles de chair (tableau 8).

Faute de données annuelles sur la production de porcs ou de volailles dans ces exploitations laitières, et les capacités d'élevage nécessitant des investissements lourds permettant de faire l'hypothèse de leur relative stabilité, celles de 2010 ont été utilisées comme un indicateur de l'activité en 2014.

Figure 9 - Capacités d'élevage porcin en 2010 dans les exploitations produisant du lait en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Tableau 8 - Capacités d'élevage de monogastriques en 2010 dans les exploitations produisant du lait de vache en 2014

Capacités d'élevage	Élevage porcin				Élevage de volailles		
	Présence de porcs	Truies	Post-sevrage	Engraissement	Présence de volailles	Poules et poulettes	Volailles de chair
Nombre d'exploitations	4 346	1 123	1 441	3 505	10 561	1 052	3 508
Capacité moyenne 2010		121 têtes	373 places	405 places		6 634 places	626 m ²

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Enfin, parmi les exploitations laitières de 2014, 4,5 % possédaient un élevage ovin en 2010, qu'il soit laitier ou allaitant, et 2,5 % un élevage caprin (tableau 9). De la même façon, les cheptels enquêtés en 2010 peuvent constituer *a minima* un indicateur de l'activité d'élevage de 2014.

Tableau 9 - Cheptels de petits ruminants en 2010 dans les exploitations produisant du lait de vache en 2014

Cheptel	Présence d'ovins	Brebis allaitantes	Brebis laitières	Présence de caprins	Chèvres
Nombre d'exploitations	2 438	2 197	167	1 371	1 270
Cheptel moyen 2010		65 têtes	239 têtes		49 têtes

Source : traitement CEP, données base ADEL.

4. Les principaux déterminants de l'emploi : choix du modèle d'analyse

4.1. La demande de travail des exploitations selon les pratiques mises en œuvre

Nous souhaitons analyser les effets sur la demande en travail des choix opérés sur les systèmes de production (notamment les systèmes fourragers et l'engagement dans des signes officiels de qualité : agriculture biologique et indications géographiques). Ces choix, reflétant les pratiques mises en œuvre, entraînent des combinaisons de facteurs de production différentes. Enfin, le poids de ces choix de systèmes de production doit être contrôlé par les effets de structure : la taille, la localisation (en plaine ou en montagne) et l'existence d'autres ateliers.

Différentes hypothèses ont dû être faites lors de l'estimation de certaines variables importantes. Concernant la mesure du travail, tout d'abord, additionner le travail salarié et le travail familial conduit à les penser comme substituables. Cette hypothèse implique que l'on considère une productivité économique et un coût identiques pour les deux types de main-d'œuvre, et donc une égalité entre les salaires agricoles et le prix d'opportunité de la main-d'œuvre familiale (*shadow wage*), ou les salaires qu'elle pourrait percevoir à l'extérieur (Darpeix, 2010). Compte tenu du poids du travail saisonnier en agriculture (Depeyrot *et al.*, 2019) et des différences qui en découlent, sur le prix de la main-d'œuvre salariée au cours d'une année, la prise en compte différenciée du travail des exploitants et des salariés nécessiterait une approche par calendrier de travail. Par ailleurs, les récents travaux sur le revenu des exploitants agricoles (Piet *et al.*, 2020) font bien ressortir l'importance des logiques de patrimonialisation, et donc de rémunération différée des exploitants, complexifiant encore la notion de « prix d'opportunité de la main-d'œuvre familiale ». La deuxième hypothèse faite est celle d'une égalité du coût du travail entre les exploitants, quel que soit l'âge ou la formation des exploitants, le dynamisme économique local agricole et non agricole, etc.

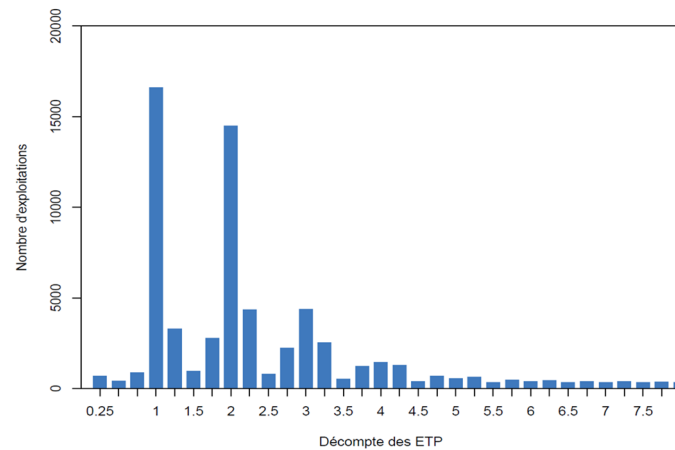
La question du capital conduit aussi à retenir des hypothèses simplificatrices, compte tenu de la substituabilité du travail et du capital. Ce dernier est principalement constitué des terres agricoles, du cheptel, des bâtiments et des équipements. Les deux premières composantes structurelles seront directement ou indirectement incluses dans nos estimations (voir 3.3.). Faute de données, nous considérerons que le capital en bâtiment peut être approché *via* le cheptel qu'il abrite, et les équipements de culture par les surfaces gérées, à systèmes de production comparables. Au sein de ces grands types de systèmes ; les investissements non proportionnels peuvent être approchés par des effets de taille (abordés en annexe 4).

4.2. Gestion des contraintes sur le décompte de la main-d'œuvre et choix du modèle

Comme évoqué précédemment, la main-d'œuvre des exploitations laitières est ici décomptée par tranche d'un quart de temps plein. Enquêté de manière déclarative, approximé par construction et issu d'un comptage, le temps de travail non salarié pose des problèmes récurrents pour l'analyse économétrique (Vermersch, 1989).

Les variables issues d'un comptage, comme celles qui nous intéressent ici, sont classiquement analysées à l'aide de modèles de Poisson, éventuellement étendus pour prendre en compte une sur-dispersion des données (Consul et Famoye, 1992). Or la distribution de la main-d'œuvre dans les exploitations laitières est clairement multimodale (Figure 10), avec des pics à 1, 2 et 3 ETP, en contradiction avec les hypothèses de ces modèles.

Figure 10 - Décompte de la main-d'œuvre dans les exploitations laitières en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Les distributions Hermite⁷ (Kemp et Kemp, 1965) constituent une généralisation des distributions de Poisson autorisant une multimodalité. En termes mathématiques, une variable aléatoire X prenant les valeurs entières k positives, en moyenne α fois, suivant une distribution de Poisson, est définie par :

$$P(X = k) = \frac{e^{-\alpha} \cdot \alpha^k}{k!}$$

Une des spécificités de cette distribution réside dans le fait que la moyenne et la variance sont égales à α . Lorsque X ne peut être modélisé par ce seul paramètre et nécessite une combinaison de la loi de Poisson, on parle alors de distribution Hermite. La somme d'un nombre fini de variables suivant des lois de Poisson corrélées entre elles suit ainsi une distribution Hermite (McKendrick, 1926 ; Maritz, 1952). Gupta et Jain (1974) en ont décrit une forme généralisée, reprise par Puig (2003) : la somme d'une variable suivant une loi de Poisson et de m fois une variable indépendante suivant une autre loi de Poisson suit une distribution Hermite généralisée, de degré m .

Si X_1 et X_2 sont deux évènements indépendants suivant des lois de Poisson de paramètres respectifs α_1 et α_2 , et si $Y = X_1 + mX_2$, alors :

$$\mu = \alpha_1 + m\alpha_2 \text{ est la moyenne de } Y,$$

$$\sigma^2 = \alpha_1 + m^2\alpha_2 \text{ est la variance de } Y,$$

$$d = \sigma^2 / \mu \text{ est son facteur de dispersion, et}$$

⁷ Nommée en hommage au mathématicien français Charles Hermite (1822-1901) dont les suites polynomiales sont mobilisées dans l'expression de cette distribution.

$$P_{(Y=k)} = P_{(Y=0)} \cdot \frac{\mu^k (m-d)^k}{(m-1)^k} \cdot \sum_{i=0}^{[k/m]} \frac{(d-1)^i (m-1)^{(m-1)i}}{m^i \mu^{(m-1)i} (m-d)^{mi} (k-mi)! i!}$$

$$\text{avec } P_{(Y=0)} = e^{\mu \left(-1 + \frac{d-1}{m}\right)}$$

où $(m, k) \in N$.

Bien que Giles (2010) ait souligné l'intérêt de cette approche dans les régressions sur des données de comptage, telles que présentées dans cette étude, l'usage des distributions Hermite (et *a fortiori* de leur version généralisée), reste rare dans la littérature scientifique, quel que soit le domaine. Le portage informatique récent des algorithmes de résolution de ces approches (Moriña *et al.*, 2015), notamment l'analyse du maximum de vraisemblance (Puig, 2003), favorise l'émergence de travaux utilisant ces distributions, pour l'instant essentiellement cantonnés aux sciences de données (Daw et Pender, 2018) et aux biostatistiques (Puig et Barquinero, 2011 ; Nilsen et Wyller, 2016).

4.3. Analyse de l'emploi dans les exploitations laitières : modélisation

Le modèle proposé permet de répartir l'emploi total des exploitations entre les différents ateliers, et par là-même de caractériser le volume d'emploi lié à l'atelier laitier. Au sein de celui-ci, il permet de voir si certains choix de pratiques et de conduites d'élevage impliquent plus de travail que d'autres, pour un même volume de lait produit.

Modèle Herm 1 :

Au sein de chaque exploitation, le volume total de main-d'œuvre est exprimé en fonction de la taille des ateliers de production (dont, en premier lieu, la production de lait de vache), croisée avec les caractéristiques du système de production (équation 1.1) :

$$\log(W) = \sum_i \alpha_i X^{sys} Q_i + \sigma + \varepsilon \quad (\text{eq.1.1})$$

Où :

W est le volume de travail total sur l'exploitation ;

Q_i est la taille des ateliers de l'exploitation ;

X^{sys} est un vecteur caractérisant le système de production.

Parmi les variables caractérisant le système de production, nous avons distingué les pratiques agro-écologiques des caractéristiques géographiques (pédoclimatiques et cahiers des charges localisés). Le détail des variables utilisées est présenté dans le tableau 10.

Tableau 10 - Variables des modèles estimés

Noms de variable	Unité	Définition	Code	Source
Travail (variable expliquée)	0,25 ETP	Équivalent temps plein par 0,25 ETP	W	ADEL
Ateliers de production dans l'exploitation				
Atelier de production laitière				
Volume de lait	100 000 L	Quota total Q_{total} (références livraison et transformation) en 2014 : approche du volume de lait produit.	Q_{total}	ADEL
Volume de lait transformé à la ferme	100 000 L	Quota transformation Q_{trans} : approche du volume de lait transformé à la ferme en 2014	$Q_{transfo}$	
Autres ateliers animaux Q_{autres}				
Bovins allaitants	50 têtes	Nombre de vaches allaitantes en 2014	CH.VA.VIANDE	ADEL
Brebis allaitantes	100 têtes	Nombre brebis allaitantes en 2010	CH.BR.VIANDE	RGA 2010
Brebis laitières	100 têtes	Nombre brebis laitières en 2010	CH.BR.LAIT	
Chèvres	100 têtes	Nombre de chèvres en 2010	CH.CHR	
Truies	500 places	Capacité d'élevage de truies en 2010	CA.PO.T	
Porcs post-sevrage	500 places	Capacité d'élevage de porcs post-sevrage en 2010	CA.PO.P	
Porcs à l'engraissement	500 places	Capacité d'élevage de porcs à l'engraissement en 2010	CA.PO.E	
Poules et poulettes	5000 pl.	Capacité d'élevage de poules et poulettes en 2010	CA.PPL	
Capacité volailles de chair	500 m ²	Capacité d'élevage de volailles de chair (surface des bâtiments dédiés) en 2010	CA.VOL	
Atelier grandes cultures	100 ha	Surface en grandes cultures en 2014	S.GC	ADEL
Pratiques agro-écologiques $X^{pratiques}$				
Exploitations herbagères	oui / non	Moins de 10 % de la SFP en maïs et moins de 15 ares de maïs par VL en 2014	herb	ADEL
Usage important du maïs	oui / non	Plus de 40 % de la SFP en maïs en 2014 (Q3)	ms40	
Exploitations AB	oui / non	Exploitations en AB en 2014	bio	
Informations géographiques et pratiques localisées X^{geo}				
Exploitations de montagne	oui / non	Localisation du siège des exploitations dans une commune ICHN de montagne de 700 m d'altitude moyenne ou plus (voir §2.2)	mont	ADEL
Emmental LR,	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g01	
AOP Saint-Nectaire, Salers	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g02	
AOP Bleu des Causses, Bleu d'Auvergne, Bleu du Vercors-Sassenage, Cantal, Fourme d'Ambert, ou Fourme de Montbrison,	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g03	
AOP Beaufort, Gruyère, Tome des Bauges, ou Laguiole	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g05	
AOP Abondance ou Reblochon	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g06	
IGP Tomme de Savoie ou Emmental de Savoie	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g07	
AOP Comté, Mont-d'Or, Morbier ou Bleu de Gex	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g08	
AOP Camembert de Normandie, Chaource, Époisses, Langres, Livarot,	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g09	
AOP Brie de Meaux, Brie de Melun ou Munster	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.g10	
Au moins un SIQO autre que 02 ou 06	oui / non	SIQO certifié en 2014	siqo.A	
Exploitations de montagne en SIQO (effet croisé)	oui / non	Exploitation de montagne et au moins un SIQO en 2014	mont x siqo	

Seuls les croisements des caractéristiques les plus pertinentes par rapport aux ateliers de production étudiés sont retenus, et l'équation 1.1 est développée en équation 1.2 :

(eq.1.2)

$$\log(W) = (X^{pratiques} * \alpha_{total}^{pratiques} + X^{geo} * \alpha_{total}^{geo}) * Q_{total} + (X^{pratiques} * \alpha_{trans}^{pratiques} + X^{geo} * \alpha_{trans}^{geo}) * Q_{trans} + \alpha_{autres} * Q_{autres} + \sigma + \varepsilon$$

La formule retenue dans le modèle *Herm 1* permet d'estimer la demande en travail liée :

- À l'ensemble de la production de lait sur l'exploitation, croisée avec les pratiques agro-écologiques, la localisation et l'engagement dans des indications géographiques.
- Au volume de lait transformé sur l'exploitation, selon la localisation et les IG. Afin d'avoir des effectifs d'exploitations suffisants, les différents groupes de SIQO ont été regroupés, à l'exception des IG où la transformation fermière concerne plus d'un quart des exploitations : groupe 02 (AOP Saint-Nectaire et Salers, 43 %, voir tableau 7) et 06 (AOP Abondance et Reblochon, 26 %).
- Aux autres ateliers de production (animaux et grandes cultures) de l'exploitation.

Plusieurs modèles complémentaires ont été estimés afin de tester la robustesse du modèle *Herm 1*, notamment en croisant la taille de l'atelier bovin viande avec la localisation en zones de montagne. Les résultats comparés de ces modèles sont présentés en annexe 5. Enfin, l'introduction d'un facteur quadratique, pour refléter les économies de taille sur l'atelier laitier, a été étudiée, et est présentée en annexe 4.

Le modèle *Herm 1* est estimé sur 55 087 exploitations laitières de la base ADEL, sur l'année 2014, à l'aide du package *hermite* (Moriña *et al.*, 2018). Le modèle obtient un pseudo R² de 0,46 (Cox and Snell : 0,460 ; Nagelkerke : 0,461), autrement dit le modèle *Herm 1* explique 46 % de la variance observée.

Le test du rapport de vraisemblance par rapport à un modèle de Poisson justifie le recours à un modèle Hermite généralisé (W=2 204 ; p-value < 10⁻³⁰⁰).

4.4. Résultats de la modélisation

Les résultats du modèle *Herm 1* sont détaillés dans le tableau 11, reprenant les échantillons utilisés pour chaque estimation, la valeur estimée de chaque coefficient, ainsi que la *p. value*, indiquant le taux de significativité de chacun de ces coefficients. La plupart des coefficients estimés se révèlent donc significatifs, généralement au seuil de 0,1 %⁸, grâce à la taille de l'échantillon utilisé, permettant d'étudier des sous-populations conséquentes.

La formule choisie pour ce modèle teste les différences statistiques entre les systèmes. Elle permet de vérifier l'existence de surcroûts de travail liés aux choix de systèmes de production ou liés à la localisation, et de les quantifier par rapport aux systèmes conventionnels non herbagers de plaine. Par exemple, le coefficient α_{total}^{bio} représente le différentiel de travail, pour

⁸ Autrement dit la probabilité d'obtenir les mêmes observations avec un coefficient nul est inférieure à 0,1 %.

la production d'un même volume de lait en agriculture biologique, par rapport aux exploitations conventionnelles, toutes choses égales par ailleurs.

Dans le modèle retenu, ces différentiels de travail identifiés par rapport à un système de référence de plaine (non herbager et hors SIQO), sont cumulatifs (voir annexe 3). Dit autrement, les effets propres des pratiques agro-écologiques (ici α_{total}^{herb} et α_{total}^{bio}) s'ajoutent entre eux et aux effets propres géographiques (ici α_{total}^{mont}).

Si la significativité et le signe de ces coefficients (effet positif ou négatif) peuvent être appréhendés directement, leur valeur, compte tenu de l'équation utilisée, est plus complexe à interpréter. Pour une exploitation à type de système constant, lorsque le volume de lait s'accroît de une unité (100 000 L), la quantité de travail nécessaire est multipliée par e^α . Ainsi, pour une exploitation conventionnelle de plaine, non herbagère et hors IG, un accroissement de la production de 100 000 L implique près de 10 % de travail supplémentaire ($e^{0.095} = 1,099$). Pour une exploitation herbagère, la même progression en volume représente 11,4 % de travail supplémentaire ($e^{(0.095+0.013)} = 1,114$).

Tableau 11 - Résultats de la modélisation *Herm 1*

<i>Caractéristiques du système (X)</i>	<i>Modèle Herm 1</i>		
	Estimation α	n	p. value
Q_{total}	0,095 ***	55 087	< e-300
$Q_{transfo}$	0,190 ***	3 652	2,89e-161
<i>CH.VA.VIANDE</i>	0,166 ***	23 633	6,02e-281
<i>CH.BR.VIANDE</i>	0,060 ***	2 197	5,19e-32
<i>CH.BR.LAIT</i>	0,055 ***	167	8,82e-17
<i>CH.CHR</i>	0,120 ***	1 270	2,77e-81
<i>CA.PO.T</i>	0,373 ***	1 123	3,98e-14
<i>CA.PO.P</i>	0,085 ***	1 441	2,51e-09
<i>CA.PO.E</i>	0,052 ***	3 505	9,79e-16
<i>CA.PPL</i>	0,021 ***	1 052	4,72e-14
<i>CA.VOL</i>	0,039 ***	3 508	8,92e-60
<i>S.GC</i>	0,185 ***	45 901	< e-300
$Q_{total} \times herb$	0,013 ***	12 702	3,00e-14
$Q_{total} \times ms40$	-0,004 ***	17 390	1,24e-08
$Q_{total} \times bio$	0,036 ***	1 656	1,28e-43
$Q_{total} \times mont$	0,012 ***	7 524	1,22e-10
$Q_{total} \times sigo.g01$	0,006	43	6,69e-01
$Q_{total} \times sigo.g02$	0,030 ***	558	9,85e-06
$Q_{total} \times sigo.g03$	-0,004 *	2 706	3,92e-02
$Q_{total} \times sigo.g05$	0,028 ***	512	8,82e-05
$Q_{total} \times sigo.g06$	0,044 ***	626	8,18e-15
$Q_{total} \times sigo.g07$	0,036 ***	465	2,20e-17
$Q_{total} \times sigo.g08$	0,036 ***	1 716	2,53e-37
$Q_{total} \times sigo.g09$	-0,006 **	441	9,18e-03
$Q_{total} \times sigo.g10$	-0,005 **	828	9,95e-03
$Q_{transfo} \times herb$	0,079 ***	1 815	2,94e-09
$Q_{transfo} \times ms40$	-0,075 ***	671	1,65e-15
$Q_{transfo} \times bio$	0,250 ***	358	2,88e-36
$Q_{transfo} \times mont$	-0,003	1 127	8,45e-01
$Q_{transfo} \times sigo.g02$	-0,178 ***	241	5,14e-27
$Q_{transfo} \times sigo.g06$	-0,122 ***	160	1,76e-15
$Q_{transfo} \times autres sigo$	-0,002	379	8,33e-01
<i>Intercept</i>	1,580 ***	55 087	< e-300
<i>degré</i>	3,000	55 087	
<i>dispersion</i>	1,221 ***	55 087	< e-300
<i>AIC</i>	274 225,6		
<i>Pseudo R² Cox & Snell</i>	0,461		
<i>Pseudo R² Nagelkerke</i>	0,462		

+ $p < 0,1$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : *** : facteur significatif au seuil de 0,1 % (p. value <0,001)

** : facteur significatif au seuil de 1 % (p. value <0,01)

* : facteur significatif au seuil de 5 % (p. value <0,05)

° : facteur significatif au seuil de 10 % (p. value <0,10)

Les facteurs non significatifs (à partir de 10 %) sont représentés en gris clair.

4.5. Interprétation des résultats

4.5.1. Production du lait selon les choix de système

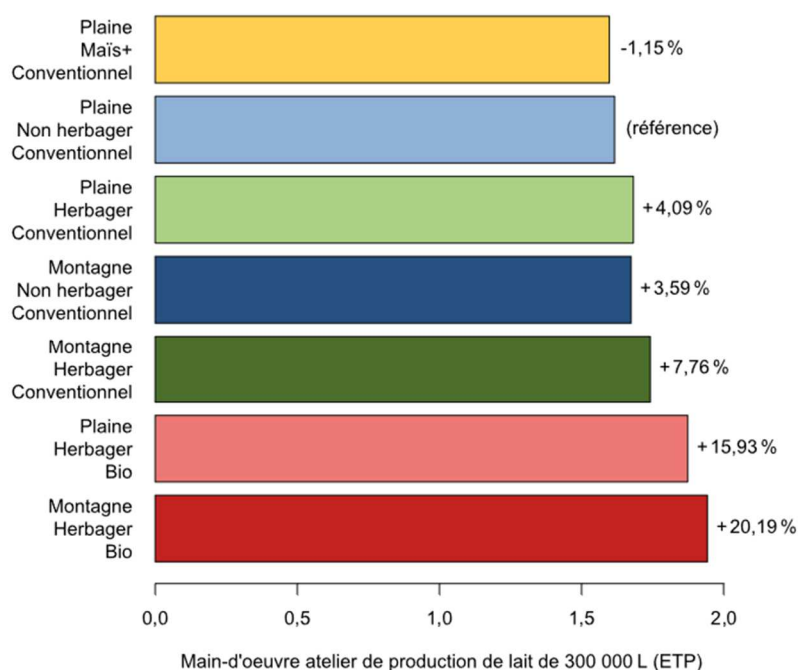
Le modèle permet aussi de comparer les systèmes de production entre eux. L'analyse économétrique met ainsi en évidence, pour la livraison d'un même volume de lait, des surcroûts de travail significatifs et cumulatifs en zone de montagne, en production herbagère et en agriculture biologique. À l'inverse, consacrer plus de 40 % de la SFP au maïs est négativement corrélé au volume d'emploi sur l'exploitation.

Afin d'explicitier cet effet propre des pratiques agro-écologiques, nous avons simulé le volume d'emploi lié à la production de 300 000 litres de lait dans ces différents systèmes fourragers, hors adhésion à des IG et hors ateliers complémentaires. Une telle exploitation laitière non herbagère de plaine, avec 300 000 L de quota laitier et un usage intermédiaire du maïs constitue une exploitation de référence sur laquelle, en faisant varier les paramètres, on peut calculer les effets propres des caractéristiques du système.

En plaine, pour produire 300 000 L, un système herbager implique 4,1 % de main-d'œuvre supplémentaire par rapport à une exploitation non herbagère et conventionnelle (Figure 11). Lorsque ces systèmes herbagers de plaine sont en agriculture biologique, ce surcroît d'emploi atteint 15,9 %. Les systèmes herbagers et bio paraissent ainsi nettement plus intensifs en emplois. Pour ces mêmes 300 000 L de lait, le surcroît d'emploi lié à la localisation en zone de montagne est de 3,6 %, auxquels s'ajoute le plus souvent l'effet du caractère herbager des systèmes, atteignant 7,8 % de main-d'œuvre en plus. Enfin, la même exploitation de montagne en agriculture biologique utilise en moyenne 20,2 % d'emploi supplémentaire.

À l'inverse, consacrer plus de 40 % de la SFP au maïs implique 1,1 % d'emploi en moins pour les mêmes 300 000 litres de lait.

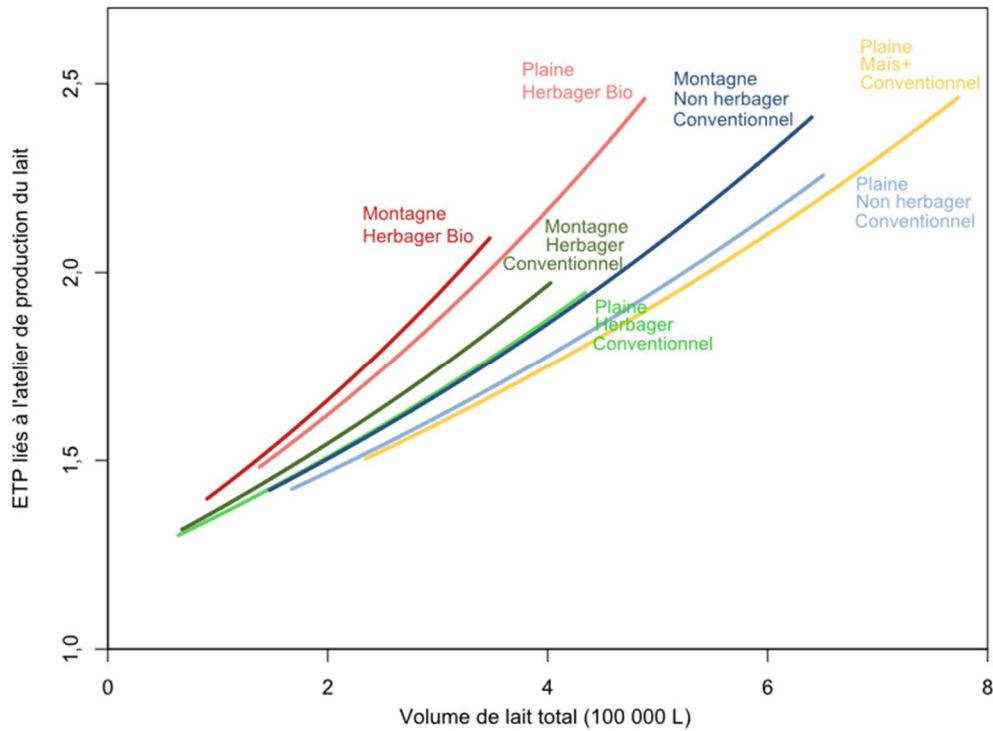
Figure 11 - Résumé des différentiels d'emploi pour la production de lait (hors IG) : effets propres sur l'atelier laitier, pour une exploitation type de 300 000 L



Source : traitement CEP, données base ADEL.

La modélisation détaillée de ces différents systèmes, en supprimant les 10 % d'exploitations les plus petites et les 10 % les plus grandes, pour rester sur le cœur de la distribution et éviter les points extrêmes, est détaillée dans le Figure 12. L'ordre des courbes reprend les écarts entre les systèmes : en premier les systèmes de plaine non herbagers intensifs en maïs, puis les systèmes non herbagers de plaine intermédiaires, puis, quasiment superposés, les systèmes herbagers conventionnels de plaine et les rares systèmes non herbagers de montagne, puis les systèmes de montagne herbagers conventionnels, et enfin les systèmes en agriculture biologique, de plaine puis de montagne. Les écarts entre les courbes se creusent avec les volumes traités.

Figure 12 - Main-d'œuvre liée à l'atelier laitier, ensemble des activités de production

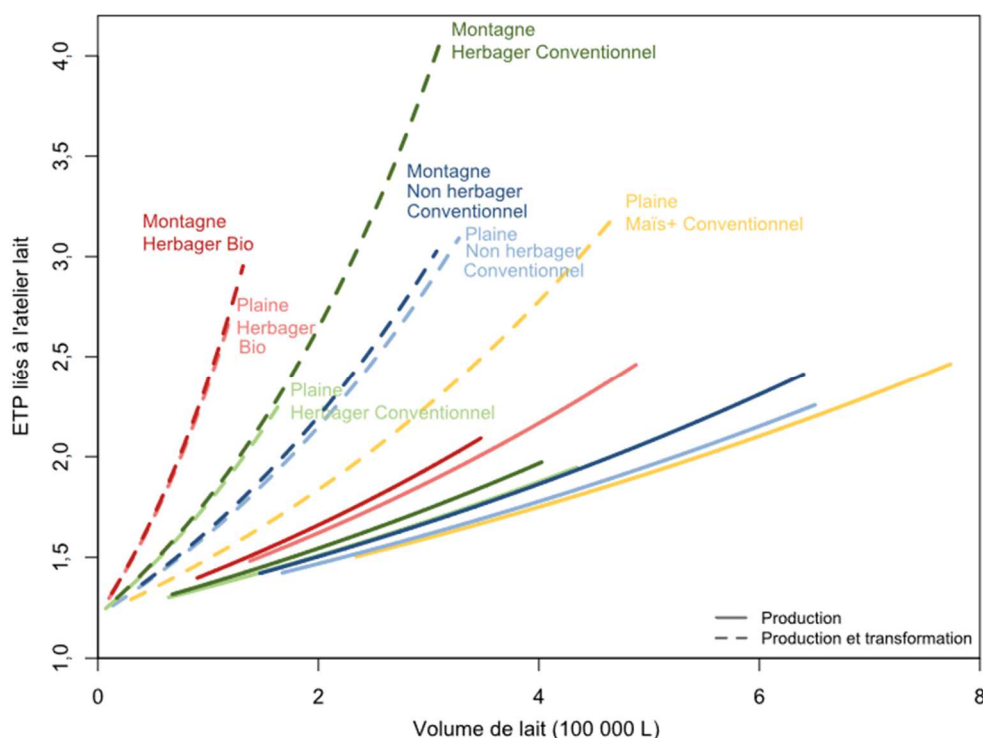


Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : ce Figure illustre le lien entre le volume de lait produit sur l'exploitation (hors transformation) et l'emploi dédié à l'atelier laitier. Il est modélisé, pour les principaux systèmes significatifs, sur l'intervalle interquartile [10 % à 90 %], hors adhésion à des IG.

Par ailleurs, la transformation sur l'exploitation implique un important surplus d'emploi, mais conserve le même ordre entre les courbes (Figure 13). Concernant cette activité de transformation, la localisation en zone de montagne n'implique pas à elle seule de différence significative sur le volume d'emploi. À pratiques identiques, l'écart entre des transformateurs de plaine et de montagne s'explique uniquement par la phase de production, et il est estompé par l'ampleur du surcroît de travail lié à l'activité de transformation. Rappelons qu'il y a toutefois beaucoup plus de producteurs herbagers en montagne.

Figure 13 - Main-d'œuvre liée à l'atelier laitier, avec ou sans transformation du lait



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : ce Figure illustre le lien entre le volume de lait produit sur l'exploitation (avec ou sans transformation) et l'emploi dédié à ces ateliers. Il est modélisé, pour les principaux systèmes significatifs, sur l'intervalle interquartile [10 % à 90 %], hors adhésion à des IG.

Plusieurs modèles complémentaires ont été utilisés (voir annexe 5) pour tester la robustesse des analyses, notamment concernant le facteur montagne. Ils confirment les résultats obtenus : ce sont les pratiques (fourragères et AB vs. conventionnel) qui conditionnent la demande en travail des exploitations, avant leur localisation, et ces effets se cumulent.

Sur l'ensemble de notre échantillon, la simulation montre que le caractère herbager implique un surplus d'emploi de 1 090 ETP répartis dans 12 700 exploitations. En extrapolant à l'ensemble de la production française, les systèmes herbagers représenteraient 1340 ETP supplémentaires. Produire en agriculture biologique représente 500 ETP supplémentaires sur 1656 exploitations de notre échantillon, extrapolables à 610 ETP. À l'inverse, les 17 390 exploitations consacrant plus de 40 % de leur SFP au maïs ont un déficit de 990 ETP par rapport à un usage intermédiaire du maïs (- 1230 ETP à l'échelle de la France). Les exploitations de montagne mobilisent plus de travail, à pratiques comparables à leurs homologues en plaine (avec un surplus de 440 ETP sur l'échantillon, extrapolable à 540 ETP).

4.5.2. Productions sous indications géographiques

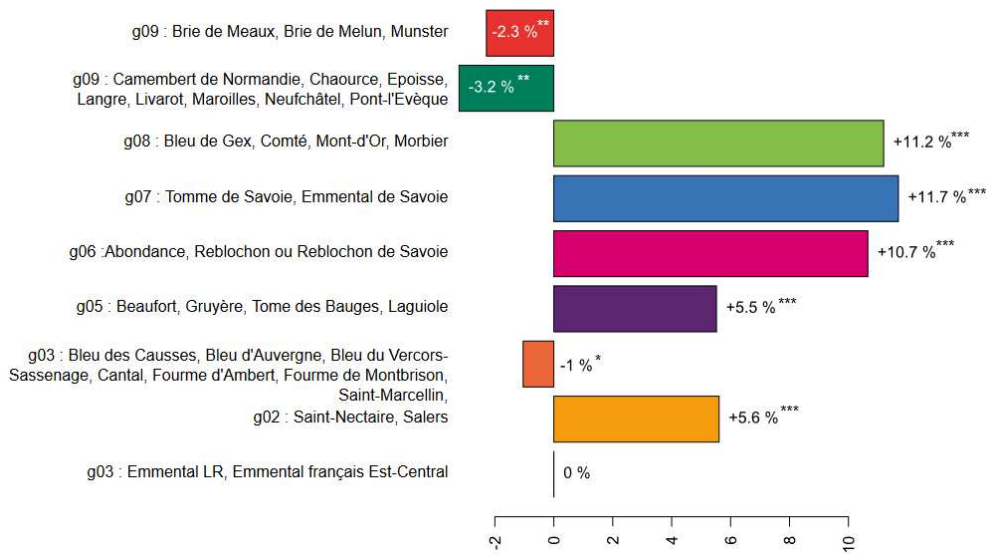
Concernant la production de lait, l'adhésion à des indications géographiques implique, pour la plupart des IG, un surplus d'emploi significatif pour un même volume de lait. Les coefficients sont en effet le plus souvent positifs et très significatifs. Les éventuelles contraintes herbagères et la localisation en zone de montagne des IG étant prises en compte par ailleurs dans le modèle, ce surplus d'emploi, effet propre de l'IG, peut provenir de différents facteurs techniques (races, chargement, pratique et durée du pâturage, etc.) dont il regroupe les effets.

Par rapport à des exploitations équivalentes en taille, structure et choix de système, l'adhésion aux AOP de Franche-Comté, de Savoie et les IGP de Savoie représentent un volume de travail supplémentaire de plus de 10 % par rapport à des exploitations sans signe de qualité (Figure 14). Le niveau d'exigence des différents cahiers des charges se reflète dans ce volume d'emploi supplémentaire, avec par exemple dans le Massif Central des écarts légèrement négatifs et peu significatifs en Bleu d'Auvergne, mais de + 5,6 % en Saint-Nectaire et Salers et + 5,5 % en Laguiole. L'Emmental Label rouge et l'Emmental français Est-central ne montrent, eux non plus, aucun surplus d'emploi significatif. Les groupes 09 et 10 impliqueraient moins d'emploi pour un même volume de lait, à systèmes constants. Compte tenu de l'hétérogénéité de ces groupes, il serait toutefois nécessaire de détailler l'analyse pour mieux comprendre ce résultat. Enfin, la non-prise en compte des IG beurres et crèmes pourrait contribuer à minorer les effets des IG observées (puisque certaines exploitations classées hors IG adhèrent en fait à ces cahiers des charges).

L'effet propre des IG sur le volume d'emploi lié à l'activité de transformation n'est significatif que pour les AOP Saint-Nectaire, Salers et Reblochon, et il est négatif dans les deux cas. Autrement dit, à système équivalent, un même volume de lait transformé dans ces appellations implique moins de temps de travail que hors appellation. Ce résultat contre-intuitif pourrait s'expliquer par l'existence de structures collectives d'affinage autour des IG, mais aussi par des modes de commercialisation différents. Selon les données du recensement agricole 2020, parmi les producteurs de lait de vache pratiquant la transformation du lait sur l'exploitation, ceux en IG commercialisent moins souvent leurs produits laitiers en circuits courts que les autres. Ils sont en effet 55 % à le faire parmi les producteurs transformateurs de Saint-Nectaire ou Salers (groupe 02), 87 % parmi les producteurs de Reblochon ou d'Abondance (groupe 06), et 72 % parmi les producteurs sous autres IG fromagères, alors que, hors IG fromagères, 92 % des transformateurs sont en circuits courts (données RA 2020 et INAO/ODR, traitement des auteurs). Sous IG, la transformation à la ferme s'accompagne donc moins souvent d'une activité de commercialisation en circuit court, d'où une demande en main-d'œuvre légèrement inférieure à la transformation hors IG. C'est d'autant plus vrai en Saint-Nectaire et Salers, où les transformateurs en circuit court ne vendent en moyenne que 19 % de leurs volumes directement aux consommateurs (44 % le sont *via* un intermédiaire), les proportions étant inversées pour les transformateurs en circuit court hors IG.

Certaines IG exigeantes et plus en avance sur les questions d'agro-écologie comportent donc un surplus d'emploi important, de par leur cahier des charges et les meilleures valorisations du lait qu'elles obtiennent (Sengel *et al.*, 2022). Mais ces effets se cumulent souvent avec les surplus liés à la production herbagère et à la localisation en zone de montagne. En dehors de leur effet propre, en soutenant des exploitations herbagères en zone de montagne et donc en cumulant les effets de ces pratiques, ces IG ont un impact sur l'emploi très important.

Figure 14 - Effets propres des indications géographiques liées à la production de lait dans les exploitations observées en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

4.5.3. Existence d'effets de taille ?

L'agrandissement des exploitations permet-il des gains d'efficacité et des économies de taille sur la main-d'œuvre ? Une modélisation complémentaire a été développée en incluant un facteur quadratique, pour identifier et quantifier d'éventuels effets de taille (voir annexe 4). Il en ressort, à choix de systèmes de production constants, que la relation entre le volume de lait et l'emploi dédié à l'atelier laitier reste quasi linéaire et que la productivité *marginale* du travail est constante. Autrement dit, le temps de travail supplémentaire nécessaire pour produire une quantité de lait en plus ne diminue pas avec le volume produit sur l'exploitation. En revanche, cette relation quasi linéaire possède une ordonnée à l'origine (*intercept*) non nulle, représentant un volume de travail indivisible. Cette charge fixe se voit, elle, diluée par la taille des exploitations, cette dilution étant la seule source d'effets de taille. Aucun effet marginal tangible ne peut être mis en évidence, malgré la précision des données et la taille de l'échantillon. Ce sont avant tout les choix de pratiques différentes qui expliquent une moindre intensivité en travail (*i.e.* une productivité volumique supérieure) dans les exploitations les plus grandes.

5. Conclusion

L'analyse économétrique développée sur les données de la base ADEL montre que les choix de système de production impliquent des différences significatives en matière d'emploi, pour un même volume de lait produit. Les déterminants majeurs du volume d'emploi sont les pratiques d'élevage mises en œuvre par les exploitants : systèmes fourragers plus ou moins centrés sur la valorisation de l'herbe, et engagement en agriculture biologique ou conventionnelle. La production herbagère entraîne en effet un surplus d'emploi important. L'agriculture biologique et certaines productions sous indications géographiques rajoutent encore des effets propres conséquents et l'ensemble de ces effets se cumulent. La localisation des exploitations joue ensuite, produire en zone de montagne nécessitant aussi plus d'emploi dans les exploitations pour un même volume de lait.

La production herbagère joue donc un rôle majeur dans la création d'emploi. L'agriculture biologique et certaines IG, au-delà de leurs effets propres, participent aussi à conforter cette

production herbagère, en offrant une meilleure rémunération du lait grâce à la segmentation des marchés. Par là même, en confortant la production herbagère, elles ont aussi un effet indirect significatif dans le maintien de l'emploi dans les territoires.

Ces résultats, obtenus par une approche économétrique sur de larges effectifs, confirment à grande échelle les conclusions issues d'enquêtes de terrain (Garambois et Devienne, 2012). Les différentiels d'emploi liés à la transformation fermière et à l'agriculture biologique sont associés à la création de valeur ajoutée sur l'exploitation, par une meilleure valorisation du produit lait. La production herbagère, surtout s'il s'agit d'herbe pâturée, permet ce surcroît d'emploi et cette création de valeur ajoutée, par une diminution des coûts de production, fixes et variables (Devienne *et al.*, 2016).

Enfin, il ressort de nos travaux qu'aucune économie de taille sur la main-d'œuvre ne peut être mise en évidence en production laitière, au-delà de la dilution des charges fixes. Si les plus grandes exploitations produisent plus de lait par actif, ce n'est pas du fait de leur taille, mais parce qu'elles ont mis en place des pratiques moins intensives en main-d'œuvre (notamment une utilisation plus importante du maïs). Ce sont d'ailleurs sans doute ces choix de simplification des pratiques qui leur ont permis de s'agrandir à main-d'œuvre constante.

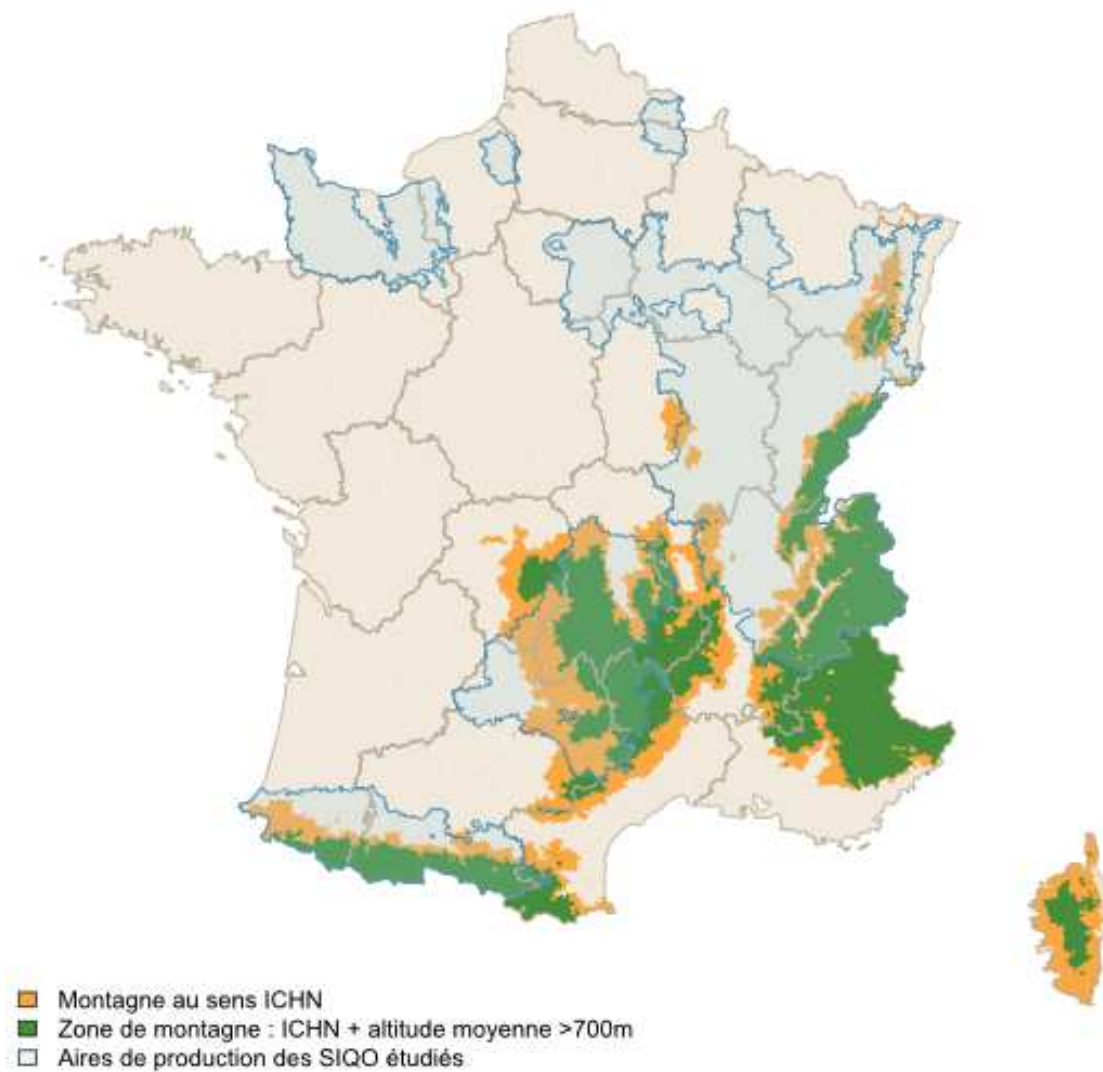
De nombreux travaux (Dumont *et al.*, 2016) ont mis en évidence les intérêts de la production herbagère pour la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre, voire le stockage du carbone, la biodiversité, l'autonomie protéique et la réduction de la déforestation importée. Nos résultats montrent que cette performance environnementale se double d'une certaine performance sociale, par la création d'emplois dans les territoires ruraux. La production herbagère est un élément central de la transition agro-écologique, notamment pour la filière laitière (Rotz *et al.*, 2009). Son soutien relève de différentes dimensions de l'action publique, depuis les aides directes des premier et second piliers de la Politique agricole commune, jusqu'au soutien à l'agriculture biologique et aux indications géographiques, en passant par l'enseignement agricole, sans qu'elle en soit toujours un des objectifs directs. Nos travaux confirment l'intérêt de la production herbagère et des cahiers des charges qui la soutiennent, plaidant pour une mise en cohérence et une explicitation de son soutien par les différentes politiques publiques.

L'absence de certaines informations, dans nos données, expliquerait des écarts entre la quantité de travail modélisée et la quantité constatée, notamment pour ce qui est du recours à des entreprises de travaux agricoles (ETA). Lorsqu'une partie des travaux est déléguée (ensilage, etc.), la main-d'œuvre estimée nécessaire au fonctionnement technique est supérieure à celle effectivement présente sur l'exploitation, générant des résidus positifs. Une modélisation en données de panel sur plusieurs années, grâce à la structuration de la base ADEL et à l'apport de données du RA 2020, permettrait une prise en compte des spécificités de chaque exploitation et donc une meilleure appréhension de ces informations non disponibles, ainsi qu'une analyse de la dynamique du secteur. Une telle approche dynamique serait riche en enseignements, avec l'ajout d'informations postérieures à la fin des quotas laitiers permettant d'examiner les évolutions relatives de ces déterminants fondamentaux.

Nos résultats font par ailleurs ressortir l'intérêt de l'utilisation et de l'appariement des données administratives qui, en permettant la constitution de larges échantillons, autorisent des analyses statistiques fines. Le modèle Hermite, à notre connaissance utilisé ici pour la première fois dans une analyse économique, montre aussi tout son intérêt.

Annexe 1. - Zonage utilisé

Carte A1.1. - Définitions de la zone de montagne



Source : traitement CEP, données IGN, ministère de l'Agriculture et INAO.

Annexe 2 - Statistique descriptive des exploitations laitières en 2014

Tableau A2.1 - statistique descriptive des variables utilisées

	<i>N</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Écart-type</i>	<i>1^{er} quartile</i>	<i>médiane</i>	<i>3eme quartile</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>W</i>	55 087	8,10	4,55	4,00	8,00	9,00	1,00	81,00
<i>Q_{total}</i>	55 087	3,76	2,31	2,21	3,36	4,82	0,00	31,20
<i>Q_{transfo}</i>	55 087	0,04	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	10,21
<i>CHV.VIANDE</i>	55 087	0,12	0,30	0,00	0,00	0,06	0,00	5,50
<i>CH.BRA</i>	55 087	0,03	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00
<i>CH.BRL</i>	55 087	0,01	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	19,46
<i>CH.CHR</i>	55 087	0,01	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	9,22
<i>CA.POT</i>	55 087	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
<i>CA.PO1</i>	55 087	0,02	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	7,65
<i>CA.PO2</i>	55 087	0,05	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00
<i>CA.PPL</i>	55 087	0,02	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	47,00
<i>CA.VOL</i>	55 087	0,08	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	24,39
<i>S.GC</i>	55 087	0,27	0,38	0,04	0,14	0,35	0,00	7,19
<i>herb</i>	55 087	0,23	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>ms40</i>	55 087	0,32	0,46	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
<i>bio</i>	55 087	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>mont</i>	55 087	0,14	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g01</i>	55 087	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g02</i>	55 087	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g03</i>	55 087	0,05	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g05</i>	55 087	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g06</i>	55 087	0,01	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g07</i>	55 087	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g08</i>	55 087	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g09</i>	55 087	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.g10</i>	55 087	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo</i>	55 087	0,13	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>siqo.A</i>	55 087	0,11	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Tableau A2.2 - Caractéristiques et effectifs des exploitations

		Effectifs	Exploitations concernées (>0)		
			Effectif	%	Moyenne
<i>Ensemble</i>	Quota laitier (1000L.)	55 087	55 087	100,0	375,6
	Quota VD (1000L.)		3652	6,6	64,6
	Vaches allaitantes		23 633	42,9	14,0
	Brebis allaitantes (2010)		2 197	4,0	64,7
	Brebis laitières (2010)		167	0,3	238,5
	Chèvres (2010)		1 270	2,3	48,7
	Élevage porcin : Truies (2010)		1 123	2,0	121,0
	Élevage porcin : Post sevrage		1 441	2,6	372,6
	Élevage porcin : Engraissement		3 505	6,4	405,4
	Poules pondeuses (2010)		1 052	1,9	6363,6
	Volailles de chair (2010, m²)		3 508	6,4	625,6
	Surfaces en grandes cultures (ha.)		45 901	83,3	32,5
<i>Herbagers</i>	Quota laitier (1000L.)	12 702	12 702	100,0	223,3
	Quota VD (1000L.)		1 815	14,3	81,1
	Vaches allaitantes		5 247	41,3	10,8
	Brebis allaitantes (2010)		746	5,9	74,0
	Brebis laitières (2010)		89	0,7	179,0
	Chèvres (2010)		566	4,5	30,2
	Élevage porcin : Truies (2010)		91	0,7	49,7
	Élevage porcin : Post sevrage		100	0,8	176,2
	Élevage porcin : Engraissement		532	4,2	92,6
	Poules pondeuses (2010)		202	1,6	1621,3
	Volailles de chair (2010, m²)		576	4,5	191,0
	Surfaces en grandes cultures (ha.)		7 076	55,7	14,0
<i>Maïs >=</i>	Quota laitier (1000L.)	17 390	17 390	100,0	473,1
	Quota VD (1000L.)		671	3,9	50,7
	Vaches allaitantes		5 693	32,7	8,8
	Brebis allaitantes (2010)		333	1,9	40,7
	Brebis laitières (2010)		10	0,1	411,5
	Chèvres (2010)		198	1,1	89,7
	Élevage porcin : Truies (2010)		667	3,8	148,2
	Élevage porcin : Post sevrage		896	5,2	442,2
	Élevage porcin : Engraissement		1 705	9,8	583,1
	Poules pondeuses (2010)		396	2,3	11306,4
	Volailles de chair (2010, m²)		1403	8,1	888,1
	Surfaces en grandes cultures (ha.)		16 311	93,8	40,9

<i>Bio</i>	Quota laitier (1000L.)	1 656	1 656	100,0	290,1
	Quota VD (1000L.)		358	21,6	43,5
	Vaches allaitantes		839	50,7	9,0
	Brebis allaitantes (2010)		79	4,8	32,3
	Brebis laitières (2010)		7	0,4	80,6
	Chèvres (2010)		78	4,7	26,7
	Élevage porcin : Truies (2010)		23	1,4	32,1
	Élevage porcin : Post sevrage		27	1,6	108,0
	Élevage porcin : Engraissement		135	8,2	104,9
	Poules pondeuses (2010)		54	3,3	2659,6
	Volailles de chair (2010, m²)		99	6,0	281,0
	Surfaces en grandes cultures (ha.)		1 249	75,4	15,2
<i>Zone</i>	Quota laitier (1000L.)	7 524	7 524	100,0	235,3
<i>Montagne</i>	Quota VD (1000L.)		1 127	15,0	103,1
	Vaches allaitantes		2 893	38,5	10,4
	Brebis allaitantes (2010)		429	5,7	100,2
	Brebis laitières (2010)		74	1,0	246,5
	Chèvres (2010)		323	4,3	30,3
	Élevage porcin : Truies (2010)		61	0,8	71,9
	Élevage porcin : Post sevrage		58	0,8	223,0
	Élevage porcin : Engraissement		308	4,1	108,1
	Poules pondeuses (2010)		74	1,0	571,2
	Volailles de chair (2010, m²)		342	4,5	172,2
	Surfaces en grandes cultures (ha.)		3 762	50,0	9,5

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Annexe 3 - Caractère cumulatif des coefficients dans le modèle

En développant l'équation 1.2, pour une exploitation herbagère de montagne en agriculture biologique, sans atelier de transformation sur l'exploitation, ni adhésion à une IG, ni autre activité d'élevage, ni grandes cultures, on obtient :

$$Q_{transfo} = 0 \text{ et } Q_{autres} = 0,$$

donc :

$$\log(W) = (X^{pratiques} * \alpha_{total}^{pratiques} + X^{geo} * \alpha_{total}^{geo}) * Q_{total} + \sigma + \varepsilon$$

$$\log(W) = \left[(\alpha_{total} + herb * \alpha_{total}^{herb} + bio * \alpha_{total}^{bio} + ms.40 * \alpha_{total}^{ms.40}) + (mont * \alpha_{total}^{mont} + \sum_i siqo.g_i * \alpha_{total}^{siqo.g_i}) \right] * Q_{total} + \sigma + \varepsilon$$

$$mont = 1 ; herb = 1 ; bio = 1 ; ms40 = 0 ; siqo.g_i = 0 \forall i,$$

donc :

$$\log(W) = (\alpha_{total} + \alpha_{total}^{herb} + \alpha_{total}^{bio} + \alpha_{total}^{mont}) * Q_{total} + \sigma + \varepsilon$$

Le coefficient final proportionnel au volume de lait pour une telle exploitation est donc :

$$\alpha = (\alpha_{total} + \alpha_{total}^{herb} + \alpha_{total}^{bio} + \alpha_{total}^{mont})$$

où α_{total} est le coefficient de référence pour les ateliers laitiers conventionnels de plaine, hors SIQO, non herbagers et avec un usage intermédiaire du maïs dans les rations. Les effets propres des pratiques agro-écologiques (ici α_{total}^{herb} et α_{total}^{bio}) sont donc cumulatifs et s'ajoutent aux effets propres géographiques (ici α_{total}^{mont}).

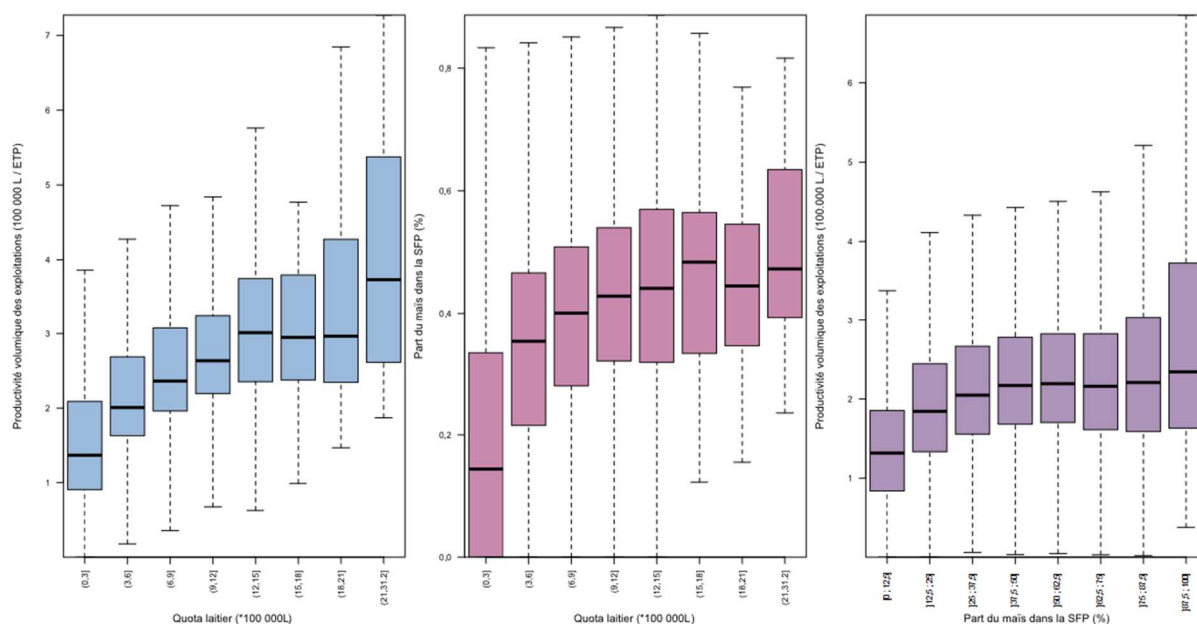
Annexe 4 - Effets d'échelle, effets de taille

Les effets d'échelle, et tout particulièrement les économies d'échelle, méritent d'être étudiés. Au sens propre, une économie d'échelle (et inversement une déséconomie) existe lorsque le coût marginal décroît (respectivement augmente) avec la quantité produite (Boussard, 1976). L'existence de telles économies d'échelle en agriculture est un sujet d'analyse en soi (Boussard, 1987). L'agrandissement d'une exploitation permet par exemple de produire plus de lait par unité de main-d'œuvre, mais au prix d'investissements (cheptel, terres nécessaires à son alimentation, équipements de culture et de traite), et donc de coûts supplémentaires à prendre en compte. D'éventuelles diminutions du coût de production relèveraient alors plus d'un avantage structurel, lié au changement de système, qu'à une économie d'échelle à système constant.

Dans tous les cas, à l'heure actuelle, la base ADEL ne permet pas d'analyser des coûts de production. Les seuls effets ici analysés portent sur la main-d'œuvre, sans pouvoir conclure sur leur incidence économique. Plutôt qu'aux effets d'échelle à proprement parler, on peut néanmoins s'intéresser aux effets de taille, lorsque l'accroissement des volumes amène à saturer les facteurs de production fixes (en particulier la main-d'œuvre), et lorsque la taille de l'exploitation permet d'investir et de modifier le système. Ces effets de taille, que nous chercherons à identifier, sont donc aussi le reflet du capital investi par les exploitations, notamment dans les investissements non proportionnels (équipement de traite, etc.).

La productivité volumique des exploitations tend à augmenter avec la taille de leur atelier laitier (Figure A4.1). Toutefois, plus cet atelier est important, plus les systèmes fourragers des exploitations se concentrent sur le maïs, lui accordant une place croissante dans la SFP. Or, la productivité volumique croît aussi avec la place du maïs. L'accroissement de la productivité volumique pourrait donc provenir des écarts entre les systèmes fourragers des exploitations.

Figure A4.1 - Productivité volumique selon la taille et le système fourrager des exploitations en 2014



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Comment identifier le rôle d'éventuels effets de taille dans les gains de productivité volumique ? Dans une analyse économétrique classique (méthode des moindres carrés ordinaires), les effets de taille marginaux peuvent être approchés par un facteur quadratique, mesurant l'écart avec une relation linéaire proportionnelle. Un facteur quadratique non nul signifierait que la quantité de travail supplémentaire nécessaire pour accroître le volume de lait dépend de la taille des exploitations. Sous d'autres modèles économétriques, l'interprétation d'un tel facteur quadratique est plus complexe.

Le modèle Hermite *Herm 1 quadra* a été développé, en ajoutant un facteur quadratique Q_{total}^2 au modèle *Herm 1*, croisé avec la localisation en zone de montagne ($Q_{total}^2 \times mont$). Ses résultats, comparés avec le modèle *Herm 1*, sont présentés dans le tableau A4.1.

Le modèle *Herm 1 quadra* obtient un pseudo- R^2 de 0,49. Les résultats du modèle *Herm 1* sont confirmés. Les deux coefficients introduits se révèlent significatifs (p.value < 0,1 %) et négatifs. Le modèle Hermite ne modélisant pas une relation linéaire, ce facteur quadratique ne peut pas être interprété directement et de façon simple comme le signe d'effets de taille. À partir du modèle *Herm 1 quadra*, une simulation est développée sur des exploitations non herbagères de plaine (avec un usage intermédiaire du maïs) entre 139 000 L et 7 100 000 L de quota, hors ateliers non laitiers, afin de mieux comprendre la relation entre emploi et volume de lait. À titre de comparaison, nous avons fait varier le coefficient quadratique de 0 à +50 % et avons ajouté une modélisation linéaire suivant l'équation équivalente à *herm 1 quadra*. Les résultats de cette simulation sont résumés dans le Figure A4.2.

La différence entre la modélisation *Herm 1 quadra* et une modélisation linéaire reste négligeable, avec un écart absolu moyen de 0,5 % (soit 0,008 ETP) sur toute la plage de volume testée. L'écart atteint 1,8 % au maximum. Seule une augmentation artificielle de plus de 50 % du coefficient quadratique permettrait de voir des effets de taille sensibles, avec un écart absolu moyen de 4,5 % par rapport à une relation linéaire (0,1 ETP en moyenne et 0,2 ETP au maximum).

La relation entre le volume de travail dédié à l'atelier lait et le volume de lait reste donc essentiellement linéaire, au sein de systèmes de même type. Aucun effet de taille perceptible ne peut être mis en évidence, malgré la précision des données et la taille de l'échantillon. Seule la dilution de la charge fixe de travail (ordonnée à l'origine) permet une amélioration de la productivité volumique du travail (mais, en toute logique, au prix d'investissements supérieurs). Ces résultats convergent avec les analyses de Boussard (1987), qui met en avant la quasi absence d'économies d'échelles en agriculture et note que la dilution des coûts fixes par l'agrandissement relève plus de la substitution du capital au travail. Et si les exploitations plus grandes affichent une productivité volumique supérieure (Figure A4.1), c'est finalement parce qu'elles mettent en place des pratiques plus économes en main-d'œuvre.

Tableau A4.1 - Résultats et comparaison des modèles *Herm 1* et *Herm 1 quadra*

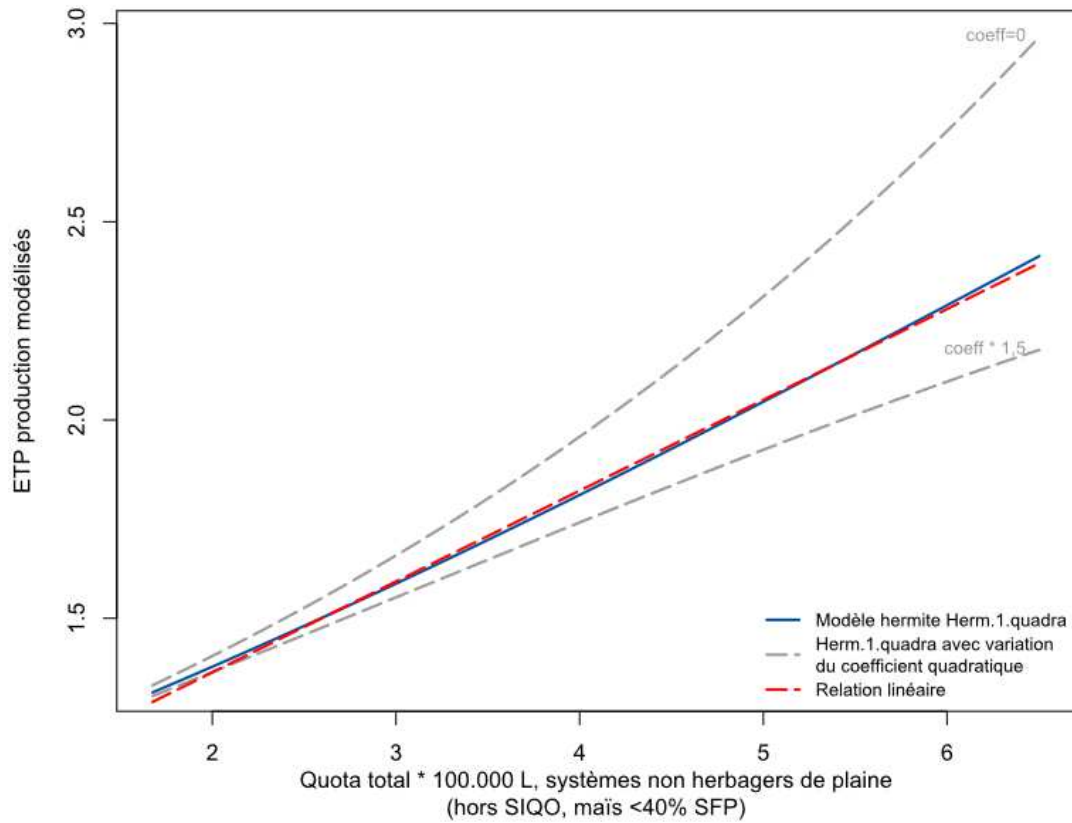
	<i>Herm 1</i>			<i>Herm 1 quadra</i>		
	Est.	N	p.value	Est.	n	p.value
Q_{total}	0,095***	55 087	0.00e+00	0,166***	55 087	0.00e+00
Q_{total}^2				-0,005***	55 087	0.00e+00
$Q_{transfo}$	0,190***	3 652	2.89e-161	0,248***	3 652	1.08e-236
<i>CH.VA.VIANDE</i>	0,166***	23 633	6.02e-281	0,171***	23 633	6.45e-306
<i>CH.BR.VIANDE</i>	0,060***	2 197	5.19e-32	0,062***	2 197	1.71e-35
<i>CH.BR.LAIT</i>	0,055***	167	8.82e-17	0,061***	167	4.43e-22
<i>CH.CHR</i>	0,120***	1 270	2.77e-81	0,125***	1 270	4.78e-90
<i>CA.PO.T</i>	0,373***	1 123	3.98e-14	0,393***	1 123	2.27e-16
<i>CA.PO.P</i>	0,085***	1 441	2.51e-09	0,078***	1 441	2.70e-08
<i>CA.PO.E</i>	0,052***	3 505	9.79e-16	0,047***	3 505	2.50e-13
<i>CA.PPL</i>	0,021***	1 052	4.72e-14	0,024***	1 052	2.93e-18
<i>CA.VOL</i>	0,039***	3 508	8.92e-60	0,036***	3 508	2.63e-51
<i>S.GC</i>	0,185***	45 901	0.00e+00	0,179***	45 901	0.00e+00
$Q_{total} \times herb$	0,013***	12 702	3.00e-14	0,012***	12 702	1.03e-12
$Q_{total} \times ms40$	-0,004***	17 390	1.24e-08	-0,002*	17 390	1.06e-02
$Q_{total} \times bio$	0,036***	1 656	1.28e-43	0,034***	1 656	4.20e-41
$Q_{total} \times mont$	0,012***	7 524	1.22e-10	0,043***	7 524	2.90e-33
$Q_{total}^2 \times mont$				-0,005***	7 524	6.99e-23
$Q_{total} \times siqo.g01$	0,006	43	6.69e-01	-0,005	43	7.28e-01
$Q_{total} \times siqo.g02$	0,030***	558	9.85e-06	0,035***	558	1.88e-07
$Q_{total} \times siqo.g03$	-0,004*	2 706	3.92e-02	0,006**	2 706	7.72e-03
$Q_{total} \times siqo.g05$	0,028***	512	8.82e-05	0,031***	512	4.28e-06
$Q_{total} \times siqo.g06$	0,044***	626	8.18e-15	0,048***	626	5.27e-18
$Q_{total} \times siqo.g07$	0,036***	465	2.20e-17	0,033***	465	3.44e-15
$Q_{total} \times siqo.g08$	0,036***	1 716	2.53e-37	0,035***	1 716	3.00e-37
$Q_{total} \times siqo.g09$	-0,006**	441	9.18e-03	-0,008***	441	5.94e-04
$Q_{total} \times siqo.g10$	-0,005**	828	9.95e-03	-0,002	828	3.39e-01
$Q_{transfo} \times herb$	0,079***	1 815	2.94e-09	0,051***	1 815	6.06e-05
$Q_{transfo} \times ms40$	-0,075***	671	1.65e-15	-0,121***	671	1.68e-35
$Q_{transfo} \times bio$	0,250***	358	2.88e-36	0,228***	358	9.78e-33
$Q_{transfo} \times mont$	-0,003	1 127	8.45e-01	-0,017	1 127	1.77e-01
$Q_{transfo} \times siqo.g02$	-0,178***	241	5.14e-27	-0,203***	241	4.69e-37
$Q_{transfo} \times siqo.g06$	-0,122***	160	1.76e-15	-0,156***	160	6.03e-26
$Q_{transfo} \times autres siqo$	-0,002	379	8.33e-01	-0,046***	379	3.14e-05
<i>Intercept</i>	1,580***	55 087	0.00e+00	1,394***	55 087	0.00e+00
<i>degré</i>	3,000	55 087		3,000	55 087	
<i>dispersion</i>	1,221***	55 087	0.00e+00	1,178***	55 087	0.00e+00
<i>AIC</i>	274225,6			271340,0		
<i>Pseudo R² Cox & Snell</i>	0,461			0,488		
<i>Pseudo R² Nagelkerke</i>	0,462			0,490		

Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : *** : facteur significatif au seuil de 0,1 % (p. value <0,001)
 ** : facteur significatif au seuil de 1 % (p. value <0,01)
 * : facteur significatif au seuil de 5 % (p. value <0,05)
 ° : facteur significatif au seuil de 10 % (p.value <0,10)

Les facteurs non significatifs (à partir de 10 %) sont représentés en gris clair.

Figure A4.2 - Rôle du facteur quadratique dans le modèle



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : cette figure illustre le lien entre le volume de lait géré sur l'exploitation (hors transformation) et l'emploi dédié à l'atelier laitier. L'analyse est faite à système constant, à proportion du maïs ensilage fixée. Les courbes pointillées représentent le résultat d'une relation linéaire et de deux modélisations Hermite où l'on fait varier le coefficient quadratique : mise à 0 et +50 %.

Annexe 5 - Comparaison de différents modèles sur la localisation en montagne

La localisation en zone de montagne ne joue pas uniquement sur l'atelier laitier, mais aussi sur les autres ateliers de l'exploitation. Nous avons donc développé plusieurs modèles pour tester cet effet et la robustesse du modèle Herm 1.

Le modèle Herm 2 prend en compte le croisement des variables « cheptel bovin allaitant » et « cheptel caprin » avec la localisation en zone de montagne, pour voir si ces éléments peuvent expliquer une partie du surplus de travail observé en montagne. Les élevages ovins étant quasiment tous situés en zone de montagne, nous n'avons pas fait le croisement sur ces cheptels. Dans le modèle Herm 3, un facteur fixe concernant la localisation en zone de montagne est ajouté au modèle Herm 1. Enfin le modèle Herm 4 concerne l'effet de l'adhésion aux groupes de SIQO 02 ou 06, qui ont été regroupés. Le résultat de ces quatre modèles est présenté dans le tableau A5.1.

Au préalable, afin de déterminer la zone de montagne la plus discriminante, ces quatre modèles ont donné lieu à des simulations itératives, en faisant varier le seuil de définition de la zone (au sein des communes de montagne de l'ICHN) de 100 à 800 m d'altitude. De 50 mètres en 50 mètres, une modélisation économétrique systématique (avec un estimateur de Poisson) a été conduite concernant l'ensemble des exploitations, successivement selon les quatre formules retenues. Quelle que soit la formule utilisée, entre un seuil à 650 et à 700 mètres le principal coefficient lié à la zone de montagne augmente beaucoup (entre + 19 % et + 67 % selon les cas) et devient nettement plus significatif (sa *p. value* est divisée par 6 500 au minimum et $4,9 \cdot 10^5$ au maximum), sans évoluer sensiblement au-delà. Nous avons donc considéré, pour l'ensemble des travaux présentés ici, la zone de montagne comme les communes déjà classées en montagne au sens de l'ICHN et ayant une altitude moyenne supérieure à 700 m (voir carte en annexe 1).

Tableau A5.1 - Comparaison des modèles Herm 1, Herm 2, Herm 3 et Herm 4

	n	Herm 1		Herm 2		Herm 3		Herm 4	
		Est.	p	Est.	p	Est.	p	Est.	p
<i>Q_{total}</i>	55 087	0,095***	0.00e+00	0,096***	0.00e+00	0,094***	0.00e+00	0,096***	0.00e+00
<i>Q_{transfo}</i>	3 652	0,190***	2.89e-	0,188***	1.55e-	0,192***	9.25e-	0,187***	1.51e-
CH.VA.VIANDE	23 633	0,166***	6.02e-	0,162***	8.98e-	0,167***	4.12e-	0,167***	1.16e-
CH.BR.VIANDE	2 197	0,060***	5.19e-32	0,062***	6.53e-34	0,061***	2.63e-33	0,062***	5.13e-34
CH.BR.LAIT	167	0,055***	8.82e-17	0,052***	2.04e-14	0,050***	2.98e-13	0,055***	1.46e-16
CH.CHR	1 270	0,120***	2.77e-81	0,115***	1.04e-68	0,120***	8.11e-81	0,121***	1.10e-83
CA.PO.T	1 123	0,373***	3.98e-14	0,390***	9.60e-17	0,379***	3.01e-14	0,363***	3.74e-13
CA.PO.P	1 441	0,085***	2.51e-09	0,083***	3.49e-09	0,078***	6.14e-08	0,078***	6.34e-08
CA.PO.E	3 505	0,052***	9.79e-16	0,050***	7.26e-15	0,053***	2.46e-16	0,055***	1.24e-17
CA.PPL	1 052	0,021***	4.72e-14	0,022***	9.73e-16	0,023***	1.62e-16	0,022***	2.60e-15
CA.VOL	3 508	0,039***	8.92e-60	0,038***	8.02e-56	0,039***	2.62e-58	0,040***	2.62e-61
S.GC	45 901	0,185***	0.00e+00	0,185***	0.00e+00	0,186***	0.00e+00	0,184***	0.00e+00
<i>Q_{total} x herb</i>	12 702	0,013***	3.00e-14	0,013***	3.24e-14	0,014***	9.07e-15	0,013***	1.77e-14
<i>Q_{total} x ms40</i>	17 390	-	1.24e-08	-	8.32e-10	-	1.55e-06	-	2.10e-08
<i>Q_{total} x bio</i>	1 656	0,036***	1.28e-43	0,036***	7.07e-43	0,036***	4.98e-44	0,036***	1.24e-42
<i>Q_{total} x mont</i>	7 524	0,012***	1.22e-10	0,010***	2.79e-07	0,022***	5.83e-18	0,013***	4.65e-12
<i>Q_{total} x SIQO.g01</i>	43	0,006	6.69e-01	0,005	6.92e-01	0,003	8.43e-01	-0,007	6.27e-01
<i>Q_{total} x SIQO.g02</i>	558	0,030***	9.85e-06	0,031***	4.78e-06	0,032***	2.62e-06	0,019**	1.19e-03
<i>Q_{total} x SIQO.g03</i>	2 706	-0,004*	3.92e-02	-0,006**	2.88e-03	-0,004+	5.99e-02	-0,005*	2.51e-02
<i>Q_{total} x SIQO.g05</i>	512	0,028***	8.82e-05	0,027***	1.35e-04	0,027***	1.21e-04	0,023**	1.32e-03
<i>Q_{total} x SIQO.g06</i>	626	0,044***	8.18e-15	0,046***	1.16e-15	0,045***	2.80e-15	0,051***	1.12e-21
<i>Q_{total} x SIQO.g07</i>	465	0,036***	2.20e-17	0,036***	4.13e-17	0,034***	1.46e-15	0,035***	7.92e-17
<i>Q_{total} x SIQO.g08</i>	1 716	0,036***	2.53e-37	0,036***	4.63e-38	0,035***	1.50e-36	0,036***	1.24e-36
<i>Q_{total} x SIQO.g09</i>	441	-0,006**	9.18e-03	-0,008**	1.51e-03	-0,006**	8.90e-03	-0,007**	7.09e-03
<i>Q_{total} x SIQO.g10</i>	828	-0,005**	9.95e-03	-0,006**	2.76e-03	-0,006**	4.56e-03	-0,005**	7.03e-03
<i>Q_{transfo} x herb</i>	1 815	0,079***	2.94e-09	0,081***	9.54e-10	0,077***	6.06e-09	0,081***	9.25e-10
<i>Q_{transfo} x ms40</i>	671	-	1.65e-15	-	5.45e-15	-	1.39e-16	-	1.18e-15
<i>Q_{transfo} x bio</i>	358	0,250***	2.88e-36	0,266***	8.20e-42	0,252***	8.72e-37	0,262***	4.56e-41
<i>Q_{transfo} x mont</i>	1 127	-0,003	8.45e-01	-0,005	7.23e-01	-0,009	5.05e-01	-0,020	1.18e-01
<i>Q_{transfo} x siqo.g02</i>	241	-	5.14e-27	-	3.75e-27	-	7.41e-28	-	-
<i>Q_{transfo} x siqo.g06</i>	160	-	1.76e-15	-	6.74e-15	-	4.73e-15	-	-
<i>Q_{transfo} x siqo.g02 ou 06</i>	401	-	-	-	-	-	-	-	3.90e-24
<i>Q_{transfo} x autres siqo</i>	379	-0,002	8.33e-01	0,001	9.54e-01	0,003	7.99e-01	0,004	7.21e-01
CH.VA.VIANDE x mont	2 893	-	-	0,112***	1.38e-09	-	-	-	-
CH.CHR x mont	323	-	-	0,064**	9.18e-03	-	-	-	-
mont	7 524	-	-	-	-	-	5.70e-07	-	-
Intercept	55 087	1,580***	0.00e+00	1,578***	0.00e+00	1,586***	0.00e+00	1,579***	0.00e+00
degré	55 087	3	-	3	-	3	-	3	-
dispersion	55 087	1,221***	0.00e+00	1,220***	0.00e+00	1,219***	0.00e+00	1,220***	0.00e+00
AIC		274 225,	-	274 191,	-	274 196,	-	274 231,	-
pseudo R² Cox & Snell		0,461	-	0,461	-	0,461	-	0,460	-
Pseudo R² Nagelkerke		0,462	-	0,463	-	0,463	-	0,462	-

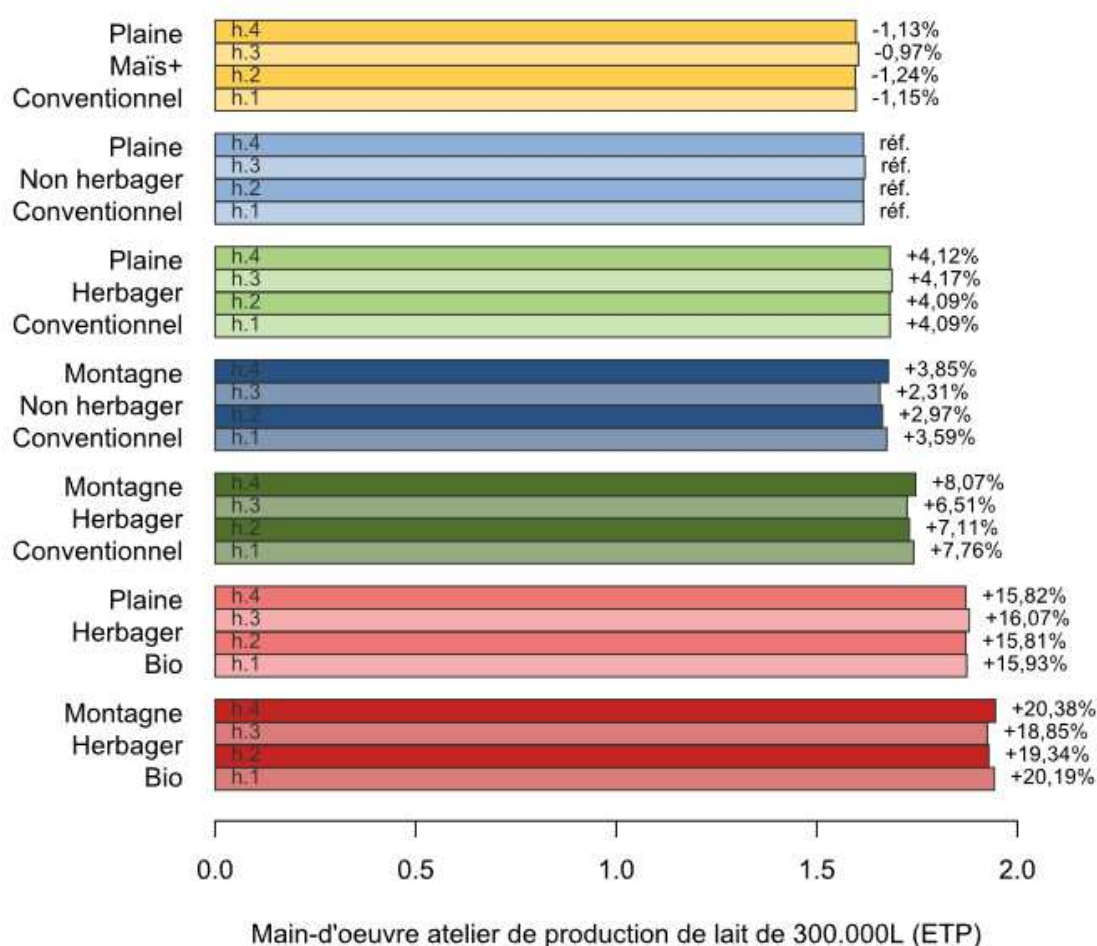
Source : traitement CEP, données base ADEL.

Lecture : *** : facteur significatif au seuil de 0,1 % (p. value <0,001)
 ** : facteur significatif au seuil de 1 % (p. value <0,01)
 * : facteur significatif au seuil de 5 % (p. value <0,05)
 ° : facteur significatif au seuil de 10 % (p. value <0,10)

Le modèle Herm 2 montre que la conduite des cheptels bovins allaitants et caprins en zone de montagne explique une partie seulement du surcroît de travail constaté dans la zone, que n'isolait pas le modèle Herm 1. Le surcroît de travail lié à la production laitière en est légèrement diminué, mais reste très significatif. Les conclusions de la modélisation ne sont pas modifiées. Par ailleurs, un effet fixe zone de montagne capte plutôt moins bien ce surcroît, renforçant le poids de l'effet sur Q_{total} .

Modéliser le volume d'emploi pour la production de 300 000 L de lait, selon les grands types de systèmes de production, à l'aide de ces quatre modèles, montre que, quelle que soit la formule utilisée, les différentiels d'emploi sont sensiblement du même ordre de grandeur (Figure A5.1).

Figure A5.1 - Différentiels d'emploi pour la production de lait (hors IG) selon les systèmes de production, pour une exploitation produisant 300 000 L de lait : comparaison des modèles



Source : traitement CEP, données base ADEL.

Références bibliographiques

- Bontron J.-C. (1995), « La contribution de l'agriculture à l'emploi dans les zones rurales », *Économie rurale*, p. 15-21.
- Boussard J.-M. (1976), « The concept of economies of scale in a multiproduct industry and its implications for the future of agriculture », *European Review of Agricultural Economics*, vol. 3, n°1, p. 53-70.
- Boussard J.-M. (1987), *Économie de l'agriculture*, Economica.
- Boussard J.-M. (1990), « Prix et coûts de production en agriculture », *Économie rurale*, p. 2-5.
- Consul P. C., Famoye F., (1992), « Generalized poisson regression model », *Communications in Statistics - Theory and Methods*, vol. 21, n°1, p. 89-109.
- Darpeix A. (2010), *La demande de travail salarié permanent et saisonnier dans l'agriculture familiale : mutations, déterminants et implications. Le cas du secteur des fruits et légumes français*, thèse de doctorat, Montpellier, SupAgro.
- Daw A., Pender J. (2018), « On the Distributions of Infinite Server Queues With Batch Arrivals », *SSRN Electronic Journal*.
- Dedieu B., Coulomb S., Servièrre G., Tchakerian E., (2000), « Bilan travail pour l'étude du fonctionnement des exploitations d'élevage », *Institut de l'élevage/INRA - Ed Technipel*, Paris, p. 435-459.
- Depeyrot J.-N. (2017a), *Les transformations du paysage laitier français avant la sortie des quotas*, Analyse n°107, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Depeyrot J.-N. (2017b), « Observer les changements structurels des exploitations laitières françaises : constitution de la base de données ADEL », *Notes et Études Socio-Économiques*, n° 42, p. 7-37.
- Depeyrot J.-N., Magnan A., Michel D.-A., Laurent C. (2019), « Emplois précaires en agriculture », *Notes et Études Socio-Économiques*, n°45.
- Depeyrot J.-N., Perrot C. (2019), « La filière laitière, un concentré des mutations agricoles contemporaines », dans *Actif'Agri. Transformation des emplois et des activités en agriculture*, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, La Documentation française.
- Devienne S., Garambois N., Perrot C., Dieulot R., Mischler P. (2016), *Les exploitations d'élevage herbivore économes en intrants (ou autonomes) : quelles sont leurs caractéristiques ? Comment accompagner leur développement ?*, rapport d'étude pour le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris.
- Dumont B. (coord), Dupraz P. (coord), Aubin J., Batka M., Beldame D., Boixadera J., Bousquet-Melou A., Benoit M., Bouamra-Mechemache Z., Chatellier V., Corson M., Delaby L., Delfosse C., Donnars C., Dourmad J.Y., Duru M., Edouard N., Fourat E., Frappier L., Friant-Perrot M., Gaigné C., Girard A., Guichet J.L., Haddad N., Havlik P., Hercule J., Hostiou N., Huguenin-Elie O., Klumpp K., Langlais A., Lemauviel-Lavenant S., Le Perchec S., Lepiller O., Letort E., Levert F., Martin, B., Méda B., Mognard E.L., MouginC., Ortiz C., Piet L., Pineau T., Ryschawy J., Sabatier R., Turolla S., Veissier I., Verrier E., Vollet D., van der Werf H., Wilfart A. (2016), *Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe*, Rapport de l'expertise scientifique collective réalisée par l'INRA, INRA (France), 1032 pages.
- Fagon J., Sabaté N. (2011), « Référentiel travail en élevages bovins lait. Synthèse de 190 Bilans Travail », *Institut de l'Élevage*.

- Forget V., Depeyrot J.-N., Mahé M., Midler E., Hugonnet M., Beaujeu R., Grandjean A., Hérault B. (2019), *Actif'Agri. Transformations des emplois et des activités en agriculture*, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, la Documentation française, Paris.
- FranceAgriMer (2022), *Les marchés des produits laitiers, carnés et avicoles, bilan 2021, perspectives 2022*, Les données, FranceAgriMer, Montreuil, 140 pages.
- Garambois N., Devienne S. (2012), « Les systèmes herbagers économes. Une alternative de développement agricole pour l'élevage bovin laitier dans le Bocage vendéen? », *Économie rurale*, n°330-331, p. 56-72.
- Gupta R.P., Jain G.C. (1974), « A Generalized Hermite Distribution and Its Properties », *SIAM Journal on Applied Mathematics*, vol. 27, n°2, p. 359-363.
- Kemp A.W., Kemp C.D. (1966), « An alternative derivation of the Hermite distribution », *Biometrika*, vol. 53, n°3-4, p. 627-628.
- Kemp C.D., Kemp A.W. (1965), « Some Properties of the 'Hermite' Distribution », *Biometrika*, vol. 52, n°3/4, p. 381-394.
- Lacroix A., Mollard A. (1989), *La mesure du travail agricole: méthodes et résultats*, INRA.
- Lacroix A., Mollard A. (1991), « Mesurer le travail agricole. De l'enregistrement à la reconstitution analytique », *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, vol. 20, p. 27-46.
- Lang A., Perrot C., Dupraz P., Tregaro Y., Rosner P.-M. (2015), *Les emplois liés à l'élevage français*, GIS Élevages demain.
- Le K.T. (2009), « Shadow Wages and Shadow Income in Farmers' Labor Supply Functions », *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 91, n°3, p. 685-696.
- Maritz J.S. (1952), « Note on a certain family of discrete distributions », *Biometrika*, vol. 39, n°1/2, p. 196-198.
- Mazoyer M., Roudart L. (1997), *Histoire des agricultures du monde*, Le Seuil, Paris.
- McKendrick A.G. (1925), « Applications of mathematics to medical problems », *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, vol. 44, p. 98-130.
- Midler E., Depeyrot J.-N., Détang-Dessendre C. (2019), « Performance environnementale des exploitations agricoles et emploi », dans *Actif'Agri. Transformation des emplois et des activités en agriculture*, La Documentation française.
- Moine M. (2016), *Le bilan annuel de l'emploi agricole - Résultats 2014 et estimations 2015*, Coll. Agreste Chiffres et Données - Série Agriculture, n°234, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Moriña D., Higuera M., Puig P., Oliveira M. (2015), « Generalized Hermite distribution modelling with the R package hermite », *The R Journal*, vol. 7, n°2, p. 263-274.
- Moriña D., Higuera M., Puig P., Oliveira M. (2018), *hermite: Generalized Hermite Distribution*, R package version 1.1.2.
- Nilsen V., Wyller J. (2016), « QMRA for Drinking Water: 2. The Effect of Pathogen Clustering in Single-Hit Dose-Response Models: QMRA: Pathogen Clustering in Single-Hit Models », *Risk Analysis*, vol. 36, n°1, p. 163-181.
- Perrier-Cornet P., Blanc M. (1999), « Emploi agricole : les cadres d'analyse à l'épreuve des dynamiques actuelles », *Économie rurale*. n°253.
- Perrot C., Barbin G., Bossis N., Champion F., Morhain B., Morin E. (2013), *L'élevage d'herbivores au recensement agricole 2010*, Coll. Dossiers Économie de l'Élevage, n°440-441, Institut de l'élevage.

- Piet L., Benoit M., Chatellier V., Dakpo K. H., Delame N., Desjeux Y., Dupraz P., Gillot M., Jeanneaux P., Laroche-Dupraz C., Ridier A., Samson E., Veysset P., Avril P., Beaudouin C., Boukhriss S. (2020), *Hétérogénéité, déterminants et trajectoires du revenu des agriculteurs français*, rapport du projet Agr'Income, appel à projets de recherche du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Puig P. (2003), « Characterizing Additively Closed Discrete Models by a Property of Their Maximum Likelihood Estimators, With an Application to Generalized Hermite Distributions », *Journal of the American Statistical Association*, vol. 98, n°463, p. 687-692.
- Puig P., Barquinero J.F. (2011), « An application of compound Poisson modelling to biological dosimetry », *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 467, n°2127, p. 897-910.
- R Core Team (2017), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, R system, R base version 3.4.3, Vienne, Autriche.
- Rebecq A. (2016), *Icarus: an R package for calibration in survey sampling*, R system, R package version 0.2.0.
- Reboul C. (1960), « L'évaluation des besoins en travail sur une exploitation agricole », *Économie rurale*, p. 55-68.
- 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 », *Journées Recherche Porcine*, n°46, p. 229-234.
- Rotz A. C., Soder K.J., Howard Skinner R., Dell C.J., Kleinman P.J., Schmidt J.P., Bryant R.B. (2009), « Grazing Can Reduce the Environmental Impact of Dairy Production Systems », *Forage & Grazinglands*, vol. 7, n°1, p. 1-9.
- Sengel S., Midler E., Depeyrot J.-N. (2022), *Performances des exploitations laitières bovines sous indications géographiques*, Analyse n°173, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Tobin J. (1958), « Estimation of relationships for limited dependent variables », *Econometrica: journal of the Econometric Society*, p. 24-36.
- Venables W.N., Ripley B.D. (2013), *Modern applied statistics with S*, Springer Science & Business Media.
- Vermersch D. (1989), « L'allocation du travail dans les exploitations céréalières », *Économie & prévision*, vol. 91, n°5, p. 57-65.
- Wickam H. (2017), *tidyr: Easily Tidy Data with « spread() » and « gather() » Functions*, R system, R package version 0.6.3.

Remerciements :

Ce document a été initié dans le cadre du projet Actif'Agri du Centre d'études et de prospective (Forget *et al.*, 2019) et il a bénéficié des commentaires des membres du groupe de travail. Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement Estelle Midler, alors membre du Centre d'études et de prospective, pour son accompagnement, ses discussions et ses suggestions techniques.