

# VetAgro Sup

## Mémoire de fin d'études d'ingénieur

INTEGRATION DU TRAVAIL EN ELEVAGE DANS LES MODELES  
BIO-ECONOMIQUES SERVANT A LA DEFINITION DES OBJECTIFS DE  
SELECTION

Anne-Sophie PASSEMARD  
Option Elevage et systèmes de production  
Promotion 2012 - 2015





# VetAgro Sup

## Mémoire de fin d'études d'ingénieur

INTEGRATION DU TRAVAIL EN ELEVAGE DANS LES MODELES  
BIO-ECONOMIQUES SERVANT A LA DEFINITION DES OBJECTIFS DE  
SELECTION

*Cas d'exploitations Montbéliardes en système herbager Auvergnat*

Anne-Sophie PASSEMARD  
Option Elevage et systèmes de production  
Promotion 2012 - 2015

Maitres de stage :

Jean GUERRIER (*Institut de l'Elevage*)

Gérard SERVIERE (*Institut de  
l'Elevage*)

Tuteur pédagogique :

Lucie GOUTTENOIRE (*VetAgro Sup*)





***« L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup. »***



---

## RESUME

---

La définition d'un objectif de sélection d'une race est basée sur le calcul de l'importance économique de différents caractères observés dans les systèmes d'élevage de cette race. Des modèles bio-économiques sont mis en place par l'Institut de l'Élevage et l'INRA pour aider les gestionnaires des races dans cette démarche. La prise en compte du temps de travail de l'éleveur dans ces modèles est apparue comme une demande forte des partenaires. Une première méthode est proposée en s'appuyant sur un système laitier herbager du Massif Central en race Montbéliarde décrit par le cas-type BL46. Elle consiste en une étude du travail d'astreinte à trois échelles : globale, par tâche et par acte élémentaire, pour amener à la désagrégation du travail sous forme d'équations qui seront intégrées dans le modèle bio-économique OSIRIS.

L'impact de l'ajout du travail est surtout visible pour le caractère vitesse de traite dont la pondération économique relative représente 31% de l'objectif de sélection alors qu'elle n'avait pas de valeur précédemment.

La prise en compte du travail dans les pondérations économiques des caractères entraîne une augmentation de la réponse à la sélection sur l'index « vitesse de traite » (+0,3 écart-type) et une réponse de l'index « intervalle vêlage première IA » désormais positive. Les réponses sur les index de morphologie, de mammite, du score cellulaire diminuent toutes de 0,1 écart-type et celle sur l'index lait diminue de 30 Kg.

Il est maintenant opportun de compléter cette première approche par l'étude d'autres systèmes bovins laitiers, notamment avec utilisation d'un robot de traite, mais aussi avec d'autres espèces.

---

## ABSTRACT

---

Definition of breeding goal is based on economic weight of various traits observed in various farming systems. Bio-economic models set up by l'Institut de l'Élevage and INRA to help breeding organization in its action. The next step is to considerate farming labor in bio-economic models as partners request. First method simulate a dairy system based on grass in Massif Central with Montbeliard breed describe by BL46. On-call labor is study at three levels: global, task and elementary act. Disintegrate labor is transpose in equations joined to bio-economic model OSIRIS.

The most important impact of labor addition is on milking speed trait witch relative economic weight represent 31% of breeding goal whereas economic weight of speed milking trait had no value before. Response on speed milking index increase (+0,3 standard error). Morphology, mastitis and cells decrease of 0,1 standard error and milk production index decrease of 30 kg.

It is opportune to complete this first approach by the study of the other dairy bovine systems, in particular with use of milking robot, but also with other ruminant.





---

# REMERCIEMENTS

---

Après ces six mois passés à l'Institut de l'Élevage, je tiens à remercier particulièrement Jean Guerrier et Gérard Servièrre, mes maitres de stage, pour leur aide, leurs conseil éclairés, leur disponibilité et enfin pour l'attention qu'ils m'ont accordés, faisant pour beaucoup dans la réussite de ce stage.

Je voudrais également remercier Delphine Pinard pour son aide, sa disponibilité et sa réactivité notamment lors du passage à la modélisation.

Je tiens à remercier le comité de pilotage formé de Jean-Louis Poulet, Monique Laurent, Pierre-Emmanuel Belot (Institut de l'Élevage), Philippe Maitre (OS Montbéliarde), Régine Tendille (Chambre d'agriculture de Haute-Loire) et Sylvieournut (VetAgro-Sup), pour le temps qu'ils m'ont accordé et pour leurs conseils avisés.

Je remercie Jean-Luc Reuillon, Didier Regaldo, Pascale Le Mezec et Jean Devun (Institut de l'Élevage) pour les données qu'ils m'ont fournies.

Je souhaite remercier Aurore Philibert pour son aide en matière de statistique.

Je remercie évidemment toute l'équipe de l'Institut de l'Élevage sur le site d'Aubière pour leur accueil chaleureux. Je remercie par la même occasion les CG et mes collègues de bureau, Clément Divo et Gaëlle Tardes pour leur sympathie, leur soutien et les moments partagés avec eux.

Je souhaite également remercier Lucie Gouttenoire, ma tutrice pédagogique à VetAgro-Sup, pour ses conseils pédagogiques et la disponibilité dont elle a fait preuve durant ce stage.



---

# LISTE DES ABREVIATIONS

---

ACP : Analyse en Composante Principale  
ACTEL : Amélioration des Conditions de Travail en Elevage Laitier  
BL46 : cas-type Bovin Lait numéro 46  
BLUP : Best Linear Unbiased Prediction  
CB : Cellule de Base  
CD : Coefficient de Détermination  
CNAG : Commission Nationale d'Amélioration Génétique  
CRI : Centre Régional Informatique  
CTIG : Centre de Traitement de l'Information Génétique  
EA : Exploitation Agricole  
EdE : Etablissement départementaux d'Elevage  
EMP : Entreprise de Mise en Place  
FGE : France Génétique Elevage  
GABI : Génétique Animale et Biologie Intégrative  
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique  
IS : Indice de Synthèse  
ISU : Indice de synthèse Unique  
ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique  
OS : Organisme de Sélection  
OSIRIS : Objectif de Sélection Innovants en Ruminants et Indices de Synthèse  
pCB : Personnes de la Cellule de Base  
QMG : Quantité de Matière Grasse  
QMP : Quantité de Matière Protéique  
RMT : Réseau Mixte Technologique  
SAU : Surface Agricole Utile  
TA : Travail d'astreinte  
TAcb : Travail d'Astreinte de la Cellule de Base  
TAcb/pCB : Travail d'Astreinte de la Cellule de Base rapporté par personne de la Cellule de Base  
TB : Taux Butyreux  
TDC : Temps Disponible Calculé  
TP : Taux Protéique  
TS : Travail de saison  
UGB : Unité Gros Bovin  
UMO : Unité de Main-d'Œuvre  
UMT : Unité Mixte Technologique  
UMT 3G : UMT Gestion Génétique et Génomique des populations bovines  
UMT GGPR : UMT gestion Génomique et Génétique des Petits Ruminants  
UTA : Unité de Travail Annuel



---

# GLOSSAIRE

---

**ACTEL** : outil de conseil aux éleveurs permettant de mesurer, analyser et de prendre en compte le travail comme facteur de production

**Bilan Travail** : outil permettant d'analyser globalement le travail sur le système d'exploitation à travers des notions de durée par type de travaux et par catégorie de main-d'œuvre

**Bénéfice** : recettes permises par la vente des produits d'exploitation retirées des coûts

**Bénéfice marginal** : différence entre les bénéfices du cas de base et les bénéfices suite à la variation du caractère dans OSIRIS

**Cas de base** : cas modélisé dans OSIRIS avec les paramètres technico-économique du cas-type (avant toute variation de caractère)

**Cellule de Base (CB)** : ensemble des travailleurs pour lesquels l'activité agricole est prépondérante en temps et en revenu et qui organisent le travail de l'exploitation

**Coût marginal** : différence entre les coûts du cas de base et les coûts suite à la variation du caractère dans OSIRIS

**Index** : estimation de la valeur génétique additive d'un individu

**Indice de synthèse** : synthèse de plusieurs index élémentaire répondant à l'objectif de sélection de la race et permettant de classer les animaux entre eux

**Intensité de sélection** : Pourcentage des animaux sélectionnés par rapports aux animaux candidats

**Pondération économique** : quantification de l'intérêt économique d'améliorer un caractère

**Recette marginale** : différence entre les recettes du cas de base et les recettes suite à la variation du caractère dans OSIRIS

**Réponse à la sélection** : différence de moyenne entre les candidats et les animaux sélectionnés sur l'indice de synthèse.

**Travail d'Astreinte (TA)** : travail s'effectuant quotidiennement, peu différable et difficile à concentrer

**TAcb/pCB** : travail d'astreinte qu'effectue annuellement une personne de la cellule de base (ne comprend pas les bénévoles)

**Travail de Saison** : regroupe les tâches pouvant être différées ou concentrées facilement



---

# TABLE DES MATIERES

---

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1 : Etude bibliographie et éléments de compréhension de la problématique .....</b>	<b>2</b>
1 <i>Le travail en élevage : un sujet d'actualité aux multiples facettes.....</i>	2
1.1 Trois dimensions du travail en élevage .....	2
1.1.1 L'organisation .....	2
1.1.2 La productivité.....	3
1.1.3 Le sens du métier .....	3
1.2 Eleveur : un métier qui a subi de nombreuses transformations.....	3
1.3 Outils de quantification du travail en élevage .....	4
1.3.1 La méthode « Bilan Travail » .....	4
1.3.2 L'outil ACTEL :.....	5
2 <i>La sélection génétique à l'échelle nationale.....</i>	6
2.1 Organisation de la sélection génétique à l'échelle nationale .....	6
2.2 Caractères évalués en sélection génétique bovin lait.....	7
2.2.1 Qu'est-ce qu'un index ?.....	7
2.2.2 Les différentes catégories d'index en bovin laitier.....	7
2.2.3 L'Indice de Synthèse Unique .....	8
2.3 Poids économique et indice de synthèse .....	8
2.3.1 Détermination d'un objectif de sélection .....	8
2.3.2 Index de synthèse et les réponses à la sélection.....	10
3 <i>Bilan et problématique .....</i>	12
<b>Partie 2 : Matériel et méthode .....</b>	<b>13</b>
1 <i>OSIRIS : un outil de simulation de troupeau au service de la sélection génétique .....</i>	13
2 <i>Les bases de référence temps de travail.....</i>	14
2.1 La base de données Bilan Travail.....	14
2.2 L'outil ACTEL .....	14
2.3 Expertises .....	14
3 <i>Déroulement du projet .....</i>	15
3.1 Système d'étude : le cas-type BL46.....	15
3.2 Références travail pour un système Montbéliard du Massif Central .....	15
3.2.1 Prix du travail.....	15
3.2.2 Le travail d'astreinte : temps de référence .....	15
3.3 Désagrégation du travail d'astreinte par tâche.....	16
3.3.1 Identification des tâches .....	16





3.4	Modélisation du travail dans les modules OSIRIS .....	17
3.5	Analyse de l'impact de l'ajout du travail .....	17
3.6	Objectifs économiques de sélection et hiérarchisation des caractères.....	17
3.7	Calcul de l'indice de synthèse.....	18
<b>Partie 3 : Résultats .....</b>		<b>19</b>
1	<i>Temps de travail : références et modélisation du travail .....</i>	<i>19</i>
1.1	Analyse des bases de données .....	19
1.2	Désagrégation du travail d'astreinte par tâche.....	20
1.2.1	Identification des tâches .....	20
1.2.2	Mise en équation des tâches et temps associés .....	20
1.3	Temps de travail de référence et temps de travail modélisés .....	23
1.4	Discussion et conclusion sur la modélisation du travail.....	24
2	<i>Impact du travail sur les pondérations économiques des caractères, les indices de synthèse et les réponses à la sélection .....</i>	<i>26</i>
2.1	Pondérations économiques des caractères évalués .....	26
2.2	Test de robustesse.....	28
2.3	Hiérarchisation des caractères .....	29
2.4	Réponses à la sélection et indices de synthèses .....	29
2.5	Conclusion et discussion : impact du travail sur les pondérations économique des caractères, les réponses à la sélection et les indices de synthèses .....	30
<b>Conclusion .....</b>		<b>32</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>33</b>
<b>Annexes .....</b>		<b>35</b>



---

# TABLES DES FIGURES

---

Figure 1 : Les trois dimensions du travail en élevage d'après (Chauvat et Servièrè, 2013).....	2
Figure 2 : Travail d'astreinte en heure par brebis laitière et par an suivant la taille du troupeau (Chauvat et Servièrè, 2013) .....	2
Figure 3 : Evolution de la part de la population active dans les différents secteurs d'activité (INSEE, cité par Servièrè et RMT Travail 2015).....	3
Figure 4 : Moyenne du travail d'astreinte de l'atelier lait par vache selon la taille du troupeau et la zone (plaine ou montagne) (Fagon et Sabatté, 2010) .....	5
Figure 5 : Schéma du dispositif français d'amélioration génétique suite à la loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 (Leclerc, 2008). .....	6
Figure 6 : Schéma illustrant la prise en compte de la diversité des systèmes d'élevage dans le calcul de l'objectif de sélection d'une race d'après les propos de (Phocas et al., 1998) .....	9
Figure 7 : Construction d'un index synthétique et optimisation de ses coefficients d'après (Guerrier, 2008 ; Pabiou, 2005).....	10
Figure 8 : Le processus de sélection génétique d'après Guerrier, 2015 (communication personnelle)	20
Figure 9 : Du calcul du poids économique des caractères à l'indice de synthèse d'après (Pinard, 2015) .....	13
Figure 10 : Calcul des coûts, recettes et bénéfices marginaux associés à la variation d'un caractère dans le modèle.....	13
Figure 11 : Part des tâches dans le travail d'astreinte annuel pour des exploitations spécialisées en bovin laitier d'après (Moulin, 2005) .....	14
Figure 12 : Processus d'intégration du travail dans le modèle OSIRIS et étude de son impact.....	15
Figure 13 : Groupes d'exploitations sélectionnés pour l'étude du temps de travail d'astreinte d'après les données Bilan Travail (EA : Exploitation Agricole) .....	16
Figure 14 : Désagrégation d'une tâche en actes élémentaires .....	16
Figure 15 : Moyenne du travail d'astreinte annuel de la cellule de base rapport par personne de la cellule de base (TAcB/pCB) pour différents groupes d'exploitations agricoles définis à partir de la base de données « Bilan Travail » et du BL46 .....	19
Figure 16 : Schéma d'une salle de traite en 2X5 postes.....	21
Figure 17 : Décomposition de la traite et temps associés (en collaboration avec J.L. Poulet) .....	22
Figure 18 : Désagrégation du travail lié à l'insémination des vaches et génisses .....	23
Figure 19 : Variation du travail annuel par femelle entre le cas de base et cas où le caractère varie pour chaque caractère.....	26
Figure 20 : Différence de coûts marginaux par femelle entre les modélisations avec et sans travail pour chaque caractère.....	27
Figure 21 : Différence de bénéfices marginaux entre les modélisations avec et sans travail pour chaque caractère.....	27
Figure 22 : Représentation de fi (Équation 18) pour les caractères fertilité génisse et vache en fonction de la variation de travail associé aux caractères .....	28
Figure 23 : Poids économiques des caractères pour différentes variation du travail.....	28
Figure 24 : Représentation de l'objectif économique avant ajout du travail.....	29
Figure 25 : Représentation de l'objectif économique après ajout du travail sans prise en compte du caractère vitesse de traite.....	29
Figure 26 : Représentation de l'objectif économique après ajout du travail avec prise en compte du caractère vitesse de traite.....	29
Figure 27 : Réponses à la sélection de l'ISU 2012 et pour les différents modèles du système BL46....	30
Figure 28 : Réponses à la sélection pour le caractère lait de l'ISU 2012 et du système BL46 avant et après ajout du travail .....	30
Figure 29 : Réponses à la sélection pour les caractères QMG et QMP de l'ISU 2012 et du système BL46 avant et après ajout du travail .....	30



---

## TABLE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Désagrégation du travail d'astreinte par tâche et ordre de priorité de leur intégration dans OSIRIS .....	18
Tableau 2 : Comparaison des temps de travail modélisés dans OSIRIS et les temps de références issus d'ACTEL pour un système du type BL46.....	23
Tableau 3 : Pondérations économiques des caractères pour un système du type BL46.....	26
Tableau 4 : Variation du travail (en heure/femelle) dans le modèle entre le cas de base et suite à la variation d'un caractère .....	26
Tableau 5 : Pondération indices de synthèse pour l'ISU 212 et les différentes modélisations du BL46 .....	31

---

## TABLE DES EQUATIONS

---

Équation 1 : Définition de l'objectif de sélection H (Guerrier, 2008).....	8
Équation 2 : Critère économique utilisé pour déterminer les poids économiques des caractères (Pinard, Regaldo, et Guerrier, 2013).....	9
Équation 3 : Définition théorique de la pondération économique d'un caractère (Bloch, 1996) .....	16
Équation 4 : Pondération économique d'un caractère approché par une petite variation (Pinard, Regaldo, et Guerrier, 2013).....	9
Équation 5 : Définition de l'indice de synthèse (Guerrier, 2008) .....	10
Équation 6 : Calcul des coefficients de l'indice de synthèse par méthode matricielle (Guerrier, 2008) .....	11
Équation 7 : Exemple théorique de modélisation d'une tâche sous forme d'équation.....	16
Équation 8 : Différence de pondération économique après et avant ajout du travail en fonction de la variation de travail du caractère .....	17
Équation 9 : Héritabilité d'un caractère .....	17
Équation 10 : modélisation du temps de conduite de troupeau .....	20
Équation 11 : Temps de préparation de la salle de traite .....	21
Équation 12 : Modélisation du temps pour traire les vaches d'un quai .....	21
Équation 13 : Temps de traite effective : du branchement jusqu'au décrochage de la vache.....	21
Équation 14 : Modélisation du temps de traite total.....	21
Équation 15 : Temps de travail lié aux conditions de naissance .....	22
Équation 16 : Temps de travail lié aux inséminations.....	23
Équation 17 : égalité de variation des coûts marginaux, des bénéfices marginaux et de la variation de travail suite à l'évolution d'un caractère entre les modèles avec et sans travail d'OSIRIS.....	26
Équation 18 : Développement de la fonction fi (différence de pondération économique entre les modèles avec et sans travail) .....	27
Équation 19 : Egalité des bénéfices et coûts marginaux entre les modélisations avec et sans travail pour un caractère n'entraînant pas de variation de travail.....	27
Équation 20 : fonction fi pour un caractère n'entraînant pas de variation de travail .....	28



---

# INTRODUCTION

---

La prise en compte de la dimension sociale de la durabilité des exploitations, que ce soit pour les opérations de recherche ou dans les outils et démarches de conseil recensés, n'est pas aussi fréquente que pour les dimensions environnementale et économique (Guillaumin et al., 2009).

Cependant, pour être pérennes et transmissibles, les exploitations de demain, en plus d'être viables économiquement devront être vivables socialement. Le travail, notamment son organisation et son coût, représente une préoccupation majeure pour les éleveurs mais aussi pour les organisations professionnelles, la recherche et la formation dont l'enjeu est multiple. Tout d'abord pour les éleveurs, le travail représente un facteur de production et d'accomplissement personnel en lien avec le vivant, mais aussi pour la partie aval de la filière dont l'approvisionnement en matière première dépend des éleveurs et de leur renouvellement.

De plus, les exploitations agricoles ont connu de nombreuses mutations ces dernières décennies (agrandissement, diversification qui se traduisent par une intensification du travail) alors que parallèlement de nouvelles aspirations à "se dégager du temps", à disposer de week-end, à prendre des vacances sont de plus en plus souvent affichées, poussant à s'intéresser davantage à la thématique « travail ».

La prise en compte du travail est surtout le fait de sociologues, d'ergonomes, d'économistes et en zootechnie des approches systémiques. En zootechnie analytique, la simplification des conduites des surfaces et de l'alimentation des troupeaux (notamment des pratiques d'allotement) fait l'objet de nombreuses études (Agabriel et al., 2012).

L'intérêt des généticiens est plus récent. L'amélioration génétique des populations consiste à choisir des reproducteurs pour fonder la génération suivante. Pour aider à ce choix, les généticiens ont développés des évaluations génétiques sur divers caractères. La valeur génétique des individus est alors estimée par des index élémentaires de production (quantité de lait, poids), de reproduction (fertilité, facilité de naissance) ou d'aptitudes fonctionnelles. Le nombre de caractères évalués ne cesse de s'accroître améliorant la connaissance des aptitudes des reproducteurs mâles et femelles. Depuis les années 1990, des index de synthèses sont développés afin de sélectionner les reproducteurs sur un grand nombre de caractères parfois opposés. Les coefficients des indices de synthèses, combinaison linéaire d'index élémentaires, tiennent compte de l'intérêt économique de sélectionner chacun de caractères et de l'intérêt technique exprimé par les éleveurs et l'Organisme de Sélection de la race. L'intérêt économique de sélectionner les caractères est estimé par des modèles bio-économiques. Le dernier né est le modèle (OSIRIS projet CASDAR mené par l'Institut de l'Élevage en collaboration avec FGE, l'ITAB, Races de France, l'INRA et l'UMT 3G)

La présente étude s'inscrit dans cette démarche de croisement des deux thématiques en proposant une première approche pour **prendre en compte le travail, d'un point de vue économique, dans les objectifs de sélection**. Son intérêt est donc d'abord méthodologique. Il est aussi de développement, car les acteurs des filières animales, notamment les Organisations de Sélection, demandent de façon grandissante à ce que le travail soit pris en compte afin d'enrichir les programmes de sélection et d'intéresser davantage d'éleveurs.

Ce rapport présente dans un premier temps une mise en contexte de l'étude par le biais d'une synthèse bibliographique. La méthode mise en place pour prendre en compte le travail dans des modèles bio-économique est ensuite détaillée avant de s'intéresser aux impacts de l'ajout du travail dans ses modèles sur les objectifs de sélections et les indices de synthèses.

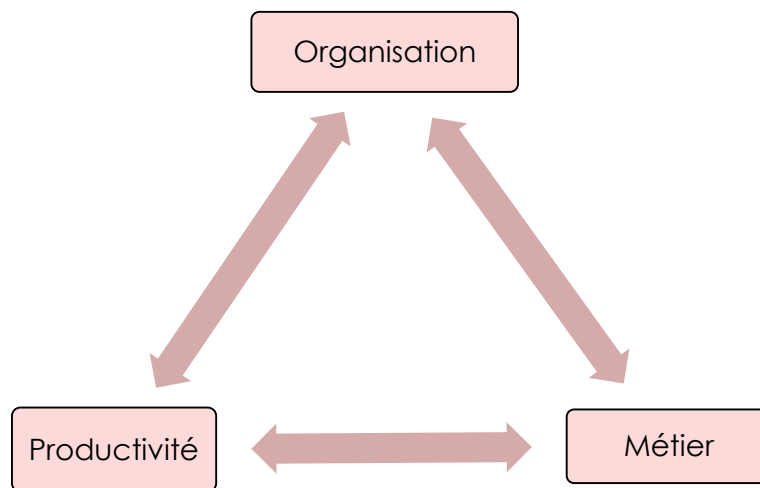


Figure 1 : Les trois dimensions du travail en élevage d'après (Chauvat et Servièrè, 2013)

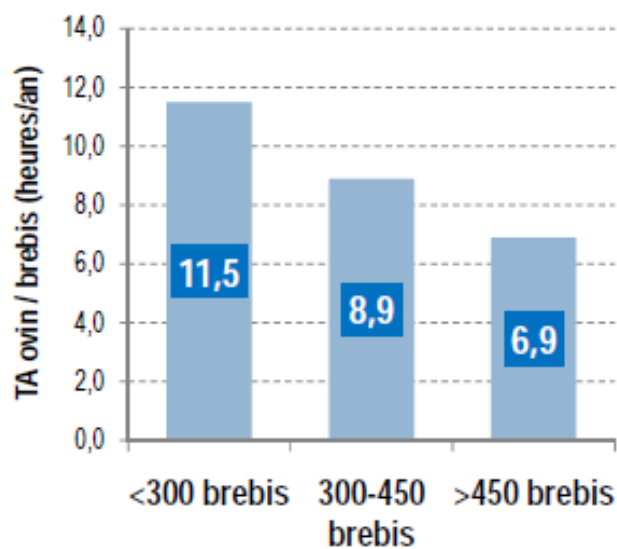


Figure 2 : Travail d'astreinte en heure par brebis laitière et par an suivant la taille du troupeau (Chauvat et Servièrè, 2013)



---

# PARTIE 1 : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIE ET ELEMENTS DE COMPREHENSION DE LA PROBLEMATIQUE

---

## 1 Le travail en élevage : un sujet d'actualité aux multiples facettes.

---

Le travail en élevage est un vaste domaine en constante évolution à la croisée de plusieurs disciplines. Sujet délicat, à la fois subjectif et personnel, il reste un objet d'étude et de conseil. La question se pose alors de savoir comment le caractériser.

### 1.1 Trois dimensions du travail en élevage

Le travail en élevage peut être présenté comme un équilibre entre trois composantes (Figure 1) qui est différent pour chaque éleveur.

#### 1.1.1 L'organisation

L'organisation représente la composante du travail en élevage privilégiée par les zootechniciens (Chauvat et Servièrre, 2013). L'éleveur doit structurer des chantiers tout en prévenant les risques et en réduisant la pénibilité des tâches de production. A cela s'ajoute la partie administrative et réglementaire à laquelle l'éleveur doit faire face. L'organisation du travail est cependant sujette à des facteurs de variation qui dépendent :

- du système d'élevage : le temps consacré par animal est moins important dans un système allaitant que dans un système laitier
- de la composition et de la nature de la main-d'œuvre : des éleveurs seuls, en couple ou en GAEC à 3 s'organisent de façon différente. La présence d'un bénévole facilite dans certains cas le fonctionnement de systèmes mais les rend précaires et non pérennisable
- de la taille du cheptel : par effet d'économie d'échelle, le temps annuel par unité productive (UGB par exemple) devient moins important quand la taille du troupeau augmente comme l'illustre la Figure 2 pour un troupeau de brebis

Ainsi, différents profils d'organisation du travail ont pu être identifiés (Cournut et al., 2010) : les simplificateurs, les entrepreneurs, les autonomes. Les discriminations entre ces profils se font principalement sur le recours à de la main-d'œuvre salariée, l'entraide et le degré de simplification des pratiques. Par exemple, certains éleveurs laitiers dans les Pays de la Loire, face aux aléas climatiques, aux quotas laitiers et à la forte charge de travail, ont choisi de simplifier leurs systèmes de production afin de réduire les coûts de production et d'améliorer leurs conditions de vie et de travail. Ils ont opté pour un système basé sur l'herbe avec peu d'apport en concentrés et des périodes de vêlage raisonnées pour optimiser l'herbe disponible au pâturage et limiter les stocks (Brunschwig et al., 2001).

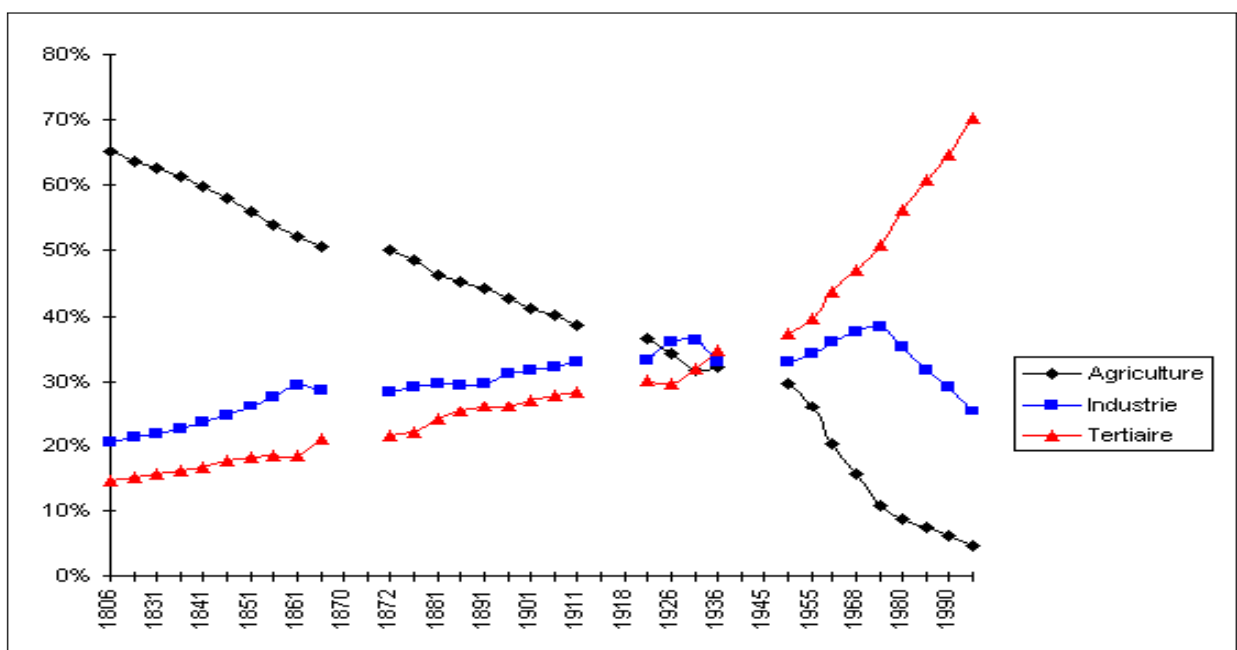


Figure 3 : Evolution de la part de la population active dans les différents secteurs d'activité (INSEE, cité par Servière et RMT Travail 2015)

### 1.1.2 La productivité

La productivité est étudiée prioritairement par les économistes. Deux notions peuvent être employées pour caractériser la productivité du travail : la productivité économique qui est une forme de quantification de la richesse créée par UMO (Unité de Main-d'Œuvre) et la productivité physique qui mesure le volume de biens produit par UMO (Charroin et al., 2012). La productivité tant physique qu'économique a largement augmenté ces cinquante dernières années. La croissance de la productivité économique a évolué à un rythme plus important dans le secteur agricole que dans les autres secteurs économiques tandis que la productivité physique augmente à hauteur de 3 à 4% par an depuis une trentaine d'années (Charroin et al., 2012). Ceci s'explique par une multiplication par 2,2 des volumes de produits agricoles en cinquante ans malgré une diminution considérable de la population agricole, passant de 31% en 1955 à 3,4% en 2008 (Charroin et al., 2012).

Contrairement à ce qui pourrait être pensé *a priori*, une étude a mis en évidence que la place du maïs et de l'herbe dans un système bovin lait n'avait qu'une faible influence sur la productivité (+ 8% pour le système maïs). L'impact est surtout visible sur la nature du travail à fournir : en système avec maïs la pénibilité est plus élevée mais l'organisation du travail plus facile avec un caractère plus saisonnier et une délégation des décisions plus aisée (Legarto, 2005). Le choix entre les deux systèmes de production, au-delà de la productivité, se fait principalement sur le choix d'organisation du travail et sur le mode de vie auquel l'éleveur aspire.

### 1.1.3 Le sens du métier

Le sens du métier, est un objet d'étude en sociologie. Etre éleveur représente avant tout un projet de vie, une identité professionnelle mais aussi personnelle. Le travail sur le vivant constitue une richesse mais est aussi source de danger et d'incertitude. L'accroissement de l'isolement et l'émergence de nouvelles formes d'organisation (groupements d'employés, GAEC entre tiers) montrent que ce métier est à la recherche d'une nouvelle attractivité (Chauvat et Cournut, 2014). De profonds changements dans la profession ont vu l'émergence d'un éclatement identitaire. Les idées sont donc partagées sur le devenir de la profession ainsi que sur ce qui fait la spécificité de l'agriculture (Lémery, 2003).

A partir de ces trois composantes, quatre profils d'éleveurs peuvent être envisagés : autonomie et qualité de vie, l'entrepreneur rural, éleveur avant tout et le chef d'entreprise (Chauvat et al., 2013). Les profils se distinguent par des équilibres différents entre travail et économie qui s'expliquent par des conceptions différentes du métier d'éleveur.

## 1.2 Eleveur : un métier qui a subi de nombreuses transformations

L'agriculture n'a cessé d'être en perpétuelle évolution, tant sur des aspects structurels et techniques que sociologiques, affectant les conditions de travail et de vie des agriculteurs (Dedieu et Servièrre, 2012). En France, la population agricole a très nettement régressé depuis deux siècles (Figure 3) et sur les seules dernières années (2000-2010), la diminution du nombre d'UTA de 22 % (Dedieu et Servièrre, 2012) s'est accompagnée d'une forte (-26 %) disparition du nombre d'exploitations agricoles (Servièrre et RMT Travail, 2015). En conséquence, la taille moyenne des exploitations restantes a augmenté engendrant une restructuration de la main d'œuvre.



Alors qu'autrefois la norme était des exploitations menées par des époux, les formes sociétaires se sont désormais développées entraînant de multiples conséquences. Tout d'abord, la femme travaille maintenant à l'extérieur de l'exploitation. La proportion de femmes travaillant sur les exploitations agricoles a donc diminué même si elles sont plus nombreuses à avoir le statut de chef d'entreprise. De plus, le recours à de la main-d'œuvre salariale s'est développé (Madelrieux et al., 2010). Même dans des élevages laitiers familiaux de montagne, le salariat a fait une discrète entrée alors qu'il est beaucoup plus fréquent en grandes cultures et en arboriculture, et a participé au développement de ces secteurs (Dupré, 2010).

Les mêmes constatations sont faites dans d'autres parties du monde suite à une mécanisation grandissante et à l'émergence de fermes « agribusiness » au détriment de structures familiales, éloignant les femmes de l'agriculture (1991). En Nouvelle-Zélande, le salariat se développe également (Schewe, 2015) notamment dans l'agriculture conventionnelle alors que l'agriculture biologique tend à conserver une main-d'œuvre familiale.

Être éleveur c'est un métier, un projet de vie tant professionnel que personnel. Or, la perception du travail par les agriculteurs a évolué, ils ne veulent plus du « labeur paysan » (Barthez, 1986) où le travail et la sphère privée étaient confondus. L'évolution du travail dans les autres secteurs économiques notamment avec les congés payés et la diminution du temps travaillé, font que les agriculteurs désirent comme les autres avoir de plus de temps libre (Balard et al., 2008). Le travail devient donc un sujet d'étude avec la mise en place d'outils.

## 1.3 Outils de quantification du travail en élevage

### 1.3.1 La méthode « Bilan Travail »

La méthode « Bilan Travail » a été élaborée par l'INRA et l'Institut de l'Élevage spécifiquement pour l'élevage (Dedieu et al., 2000). Cette méthode, via un entretien avec l'éleveur, a pour objectif de mettre en lumière le travail dans l'analyse du système d'exploitation d'élevage en lui attribuant une notion de durée par types de travaux et par catégorie de main-d'œuvre (Cournut et al., 2009). Trois types de travaux sont identifiés selon leur rythme de réalisation (Cournut et al., 2009) :

- Le travail d'astreinte (TA) : il s'agit d'un travail s'effectuant quotidiennement, peu différé et difficile à concentrer. Il correspond principalement aux soins journaliers apportés aux animaux dans le cas de l'élevage. Il est quantifié en heures par jour
- Le travail de saison (TS) : Il regroupe les tâches pouvant être différées ou concentrées plus facilement. Il porte sur les cultures, les fourrages, les troupeaux (dans le cas de manipulations périodiques) mais aussi sur l'entretien du territoire (haies, clôtures,...). Il est quantifié en jours par quinzaine
- Le travail rendu : quantifié en jours par quinzaine, il correspond au travail effectué chez d'autres agriculteurs en contrepartie d'un service reçu ou du travail

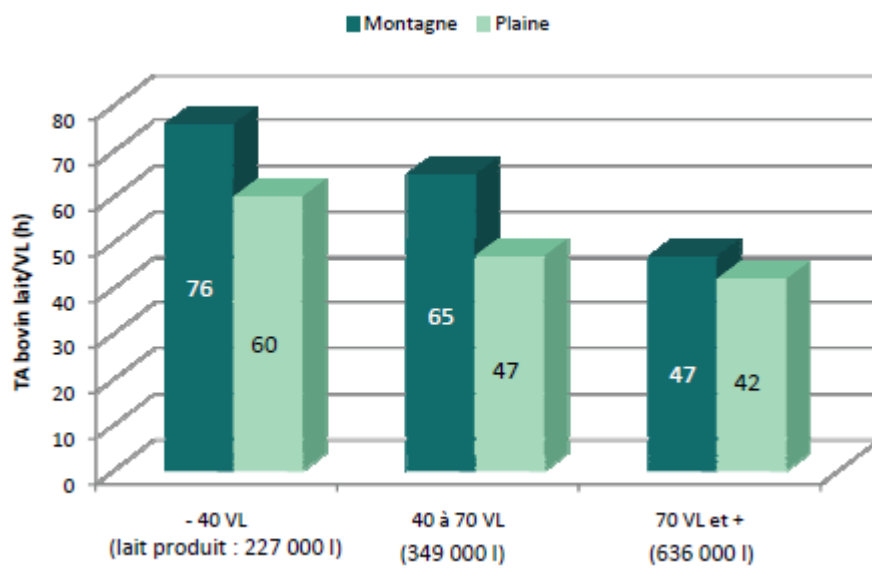


Figure 4 : Moyenne du travail d'astreinte de l'atelier lait par vache selon la taille du troupeau et la zone (plaine ou montagne) (Fagon et Sabatté, 2010)

Deux types de main-d'œuvre sont également à considérer :

- La cellule de base (CB) : elle est composée des travailleurs permanents pour lesquels l'activité agricole est prépondérante en temps et en revenu et qui organisent le travail de l'exploitation.
- La main-d'œuvre hors cellule de base : elle comprend les bénévoles, l'entraide, le salariat et l'intervention d'entreprises.

A partir de ces différentes données, une marge de manœuvre en temps peut être estimée : le temps disponible calculé (TDC). Il correspond au temps mobilisable par l'agriculteur pour réaliser les activités non directement liées à la production agricole comme les tâches administratives, l'entretien des bâtiments, du matériel, et disposer de temps privé (Cournut et Chauvat, 2012).

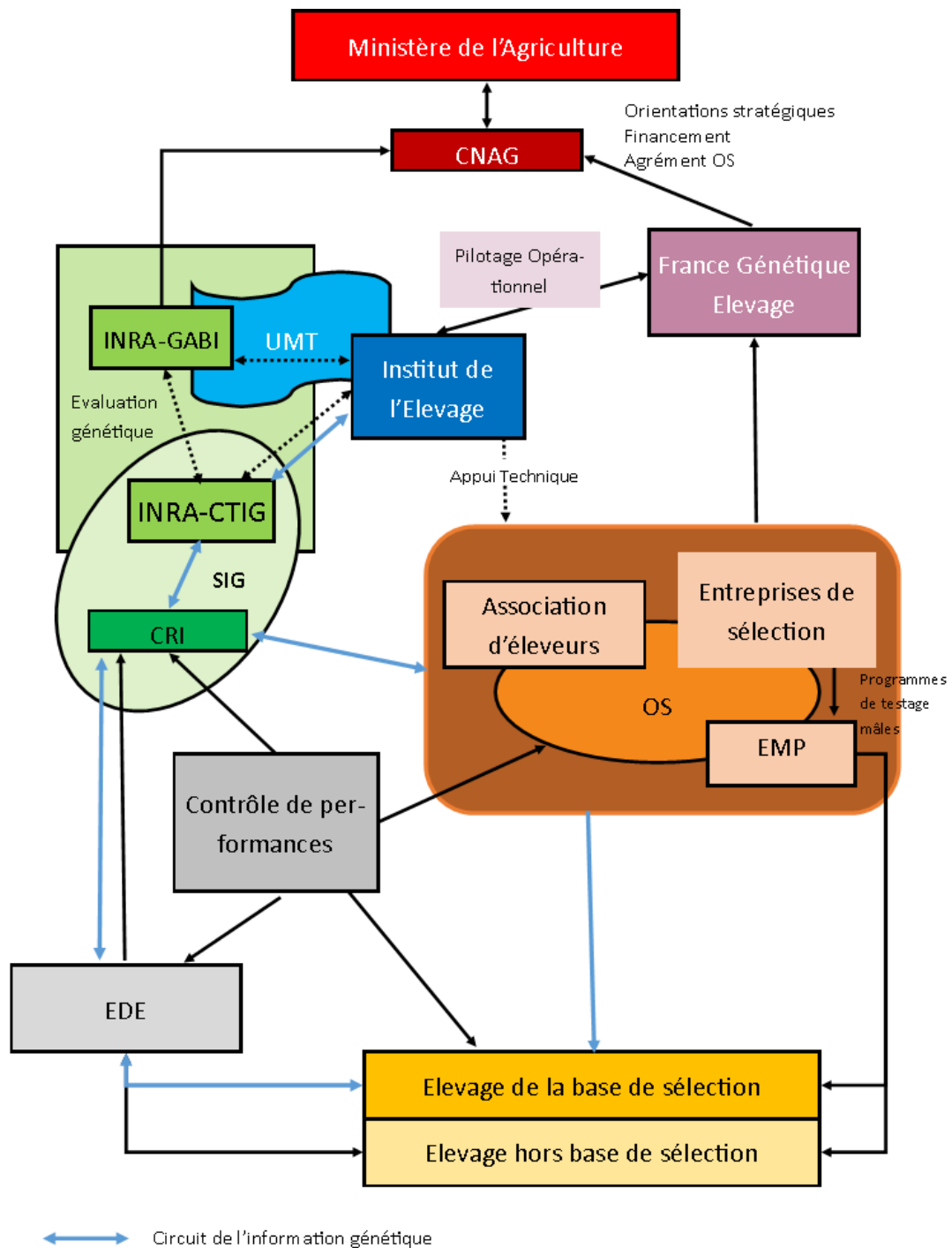
Le référentiel travail en élevage bovin lait (RMT Travail en élevage, 2010) montre que le travail diffère suivant le nombre de personnes dans la cellule de base mais aussi suivant la localisation de l'exploitation en zone de plaine ou en zone de montagne (Figure 4). La taille du cheptel a également une grande importance puisque le travail d'astreinte par vache laitière diminue et donc son efficacité s'améliore avec l'augmentation de la taille du troupeau.

Des limites peuvent être émises quant à la fiabilité des données collectées car cette méthode fait appel à la mémoire des agriculteurs. Pour réduire l'effet enquêteur dans la collecte de l'information, une formation à la méthode est nécessaire.

### 1.3.2 L'outil ACTEL :

ACTEL, ou Amélioration des Conditions de Travail en Elevage Laitier, est un outil de conseil mis en place suite à une forte demande des éleveurs, mais aussi des organismes professionnels, de mesurer, analyser et prendre en compte le travail comme un facteur de production. Il a été commandité par le Groupement Viande Lait Massif Central en collaboration avec l'Institut de l'Elevage, le Contrôle laitier du Puy-de-Dôme et les Chambres d'Agriculture de l'Allier et de Haute-Loire. L'objectif est de proposer des pistes d'amélioration à l'agriculteur par rapport aux points faibles mais aussi aux atouts et contraintes de l'exploitation tout en tenant compte des volontés de l'éleveur.

Un entretien avec l'éleveur est réalisé afin de comprendre ses problèmes, ses attentes et ses besoins par rapport à son système d'exploitation. La quantification du temps de travail d'astreinte décomposé par tâche et l'analyse des résultats, en comparaison avec le référentiel de la région Auvergne, permet au conseiller de proposer une base de discussion et des voies d'amélioration (Moulin, 2005).



**Figure 5 : Schéma du dispositif français d'amélioration génétique suite à la loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 (Leclerc, 2008).**

Avec CNAG : Commission Nationale d'Amélioration Génétique, INRA : Institut National de la Recherche Agronomique, GABI : Génétique Animale et Biologie Intégrative, UMT : Unité Mixte Technologique, CTIG : Centre de Traitement de l'Information Génétique, SIG : Système d'Information Génétique, CRI : Centre Régional Informatique, EMP : Entreprise de Mise en Place, OS : Organisme de Sélection.



## 2 La sélection génétique à l'échelle nationale

---

### 2.1 Organisation de la sélection génétique à l'échelle nationale

La sélection génétique est un choix stratégique sur le long terme. Elle vise, par le choix des individus les plus intéressants par rapport à certains critères, à améliorer la valeur génétique des individus de la génération suivante. Le but est d'élaborer les produits désirés de la façon la plus efficiente possible tout en tenant compte de l'environnement économique, social et naturel (Groen et al., 1997). La loi sur l'élevage du 28 décembre 1966 a structuré la sélection génétique et permis son organisation collective à travers un réseau coordonné de structures professionnelles et scientifiques. Elle a été modifiée par la loi d'Orientation Agricole du 5 janvier 2006 pour être adaptée à un environnement devenu plus libéral et alignée sur la réglementation européenne (Leclerc, 2008). Fin 2015, la mise en place d'un règlement européen confirme ces orientations (Institut de l'Elevage).

Peuvent être distingués (Figure 5) :

- **Les Etablissements départementaux d'Elevage (EdE)** s'occupent de l'identification des animaux et de l'établissement des filiations. Ils réalisent également le contrôle de performance en élevage (par exemple le contrôle laitier).
- **Les organismes de sélection (OS)** rassemblent, à l'échelle nationale, les acteurs de l'amélioration génétique d'une race. Ils ont pour rôle de définir les caractéristiques de la race ainsi que son orientation par l'intermédiaire des objectifs de sélection et en élaborant un programme d'amélioration génétique. L'OS rassemble différents organismes comme les associations d'éleveurs mais aussi les entreprises de mise en place qui s'occupent de mettre en place les semences en élevage et les entreprises de sélection qui conduisent les programmes de testage des mâles.
- **Le réseau national de collecte et traitement de l'information** centralise l'information avec comme double objectif de transmettre une information rapidement utilisable par les éleveurs et de centraliser dans le CTIG les informations collectées qui serviront pour l'évaluation génétique. Il rassemble les structures suivantes :
  - EdE : départemental, collecte et vérifie l'information
  - CRI : régional, traite l'information pour une valorisation rapide auprès des éleveurs et transmet l'information élémentaire à un niveau national
  - CTIG : national, rassemble les informations des CRI et les informations des pointages. Cette information est gérée à travers le SIG
- **L'UMR GABI : Unité Mixte de Recherche Génétique Animale et Biologie Intégrative** : conduite par l'INRA, réalise des évaluations génétiques et contribue à développer des méthodes et outils de gestion des populations.
- **L'Institut de l'Elevage**, à la jointure entre recherche et développement, gère des travaux d'expérimentation mais assure également un rôle de coordination, de formation et de conseil pour améliorer la compétitivité des exploitations et les conditions d'exercices du métier d'éleveur, pour adapter la production et les systèmes d'élevage, et répondre aux demandes des filières par rapport à la transformation des produits et à des démarches de qualité. Le service génétique Intervient plus particulièrement sur le contrôle de performance, l'évaluation génétique et la gestion des populations. L'institut de l'Elevage gère la diffusion des index.



Les informations collectées sont des performances, des généalogies ou une analyse du génome, Ces informations permettent le calcul d'une approximation de la valeur de l'animal pour de nombreux caractères. Il est ainsi possible de sélectionner les meilleurs animaux selon l'objectif de sélection fixé.

## 2.2 Caractères évalués en sélection génétique bovin lait

### 2.2.1 Qu'est-ce qu'un index ?

L'index est l'estimation (notée  $\hat{A}$ ) de la valeur génétique additive (noté  $A$ ) d'un individu de sorte qu'en moyenne, un individu transmet à sa descendance la moitié de sa valeur génétique additive estimée ( $\hat{A}$ ). Il est obtenu à partir de la généalogie de l'animal mais aussi de performances et/ou de génotype.

L'index est exprimé en écart par rapport à une base de référence qui a pour valeur 0 ou 100 en bovin laitier. La base de base de référence est définie comme la valeur moyenne des index d'une population de référence. Cette base est mobile, c'est-à-dire actualisée chaque année pour faciliter l'appréciation par rapport aux reproducteurs actuels.

L'index mesure la supériorité génétique d'un individu par rapport à la population d'animaux de référence. Les animaux peuvent alors être comparés de façon objective sur leur valeur génétique estimée.

L'index s'exprime en unité physique ou en écart-type génétique. La méthode BLUP modèle animal (Best Linear Unbiased Prediction : meilleur prédiction linéaire sans biais, Henderson, 1975) permet de corriger au mieux l'influence des effets du milieu sur les performances afin de distinguer la valeur génétique des animaux. Pour cela toutes les relations de parenté sont prises en comptes, les mâles et les femelles sont évalués en même temps et les effets du milieu sont estimés en même temps que les index. Ceci permet la comparaison d'animaux quels que soit leur sexe, leur âge, leur troupeau et leur région d'origine (idele et INRA, 2015).

L'index élémentaire, qui est l'évaluation d'un seul critère, se distingue de l'index de synthèse qui prend en compte plusieurs critères simultanément (Jussiau et al., 2014).

### 2.2.2 Les différentes catégories d'index en bovin laitier

Les index peuvent être classés en différentes catégories. Tout d'abord, les index de production laitière regroupent la quantité de lait, la quantité de matières protéiques (QMP) et la quantité de matières grasses (QMG). Les index liés aux taux butyreux (TB) et taux protéiques « vrai » (TP) sont également déterminés à partir de ses trois index. Le taux protéique vrai tient compte uniquement des protéines (95% de la matière azotée du lait) et non des acides aminés libres, des petits peptides et de l'azote non protéique (5% de la matière azotée du lait). A l'étranger le terme « % protéines » désigne la matière azotée totale du lait. Il est donc supérieur de 5% au TP français (idele et INRA, 2015).

Les index fonctionnels, autre catégorie, sont représentés par le score cellulaire, les mammites cliniques, la fertilité des vaches et des génisses, l'intervalle vêlage première insémination et la longévité. D'autres index liés à la facilité de naissance et de vêlage ainsi qu'à la vitalité du veau à la naissance sont également évalués.

**Équation 1 : Définition de l'objectif de sélection H (Guerrier, 2008)**

$$H = a_1A_1 + a_2A_2 + \dots + a_nA_n$$

Avec H l'objectif de sélection,  $a_i$  la pondération du caractère  $i$  et  $A_i$  la valeur génétique du caractère  $i$ .

La dernière catégorie concerne les index morphologiques, pour lesquels l'évaluation génétique des animaux s'effectue à partir de données collectées en s'appuyant sur des tables de pointages. Les index élémentaires caractérisant la morphologie sont regroupés en trois grandes catégories : la mamelle, le corps et les aptitudes bouchères. On distingue également la vitesse de traite, estimée par appréciation de l'éleveur (idele et INRA, 2015).

Devant l'abondance des caractères évalués, il est intéressant de résumer l'information par des index de synthèse présentés sous la forme d'une combinaison linéaire d'index élémentaires.

### 2.2.3 L'Indice de Synthèse Unique

L'ISU ou Indice de Synthèse Unique laitier est une synthèse de plusieurs index fonctionnels, morphologiques et de production. Il est élaboré une race selon son objectif de sélection. L'ISU permet de classer les taureaux entre eux. Sa dernière actualisation date de 2012. Les pondérations des index morphologiques et fonctionnels sont exprimées en écart-type génétique alors que les index de production sont exprimés en écart-type par kilogramme pour les bovins laitiers.

Le coefficient d'un caractère est déterminé par des paramètres génétiques et par son importance économique.

## 2.3 Poids économique et indice de synthèse

### 2.3.1 Détermination d'un objectif de sélection

#### 2.3.1.1 Définition d'un objectif de sélection

Un objectif de sélection est une fonction des valeurs génétiques « vraies » des caractères à améliorer (Pabiou, 2005). Il précède la mise en place de programme de sélection et vise à maximiser le bénéfice de l'éleveur (Robert, 1984). Il s'écrit couramment sous forme de combinaison linéaire (Équation 1)

Deux types d'objectifs peuvent être distingués (Pabiou, 2005) :

- Les objectifs économiques sont élaborés à partir des recettes et des coûts associés à l'amélioration génétique des caractères. Cette opération peut être assez délicate à établir d'autant plus qu'elle s'inscrit dans un contexte technique, économique et social changeant.
- Les objectifs techniques consistent à fixer un niveau de réponse voulu sur les caractères considérés. Des objectifs techniques sont fixés pour des caractères dont il est difficile d'établir des poids économiques ou qui sont liés à des phénomènes économiques non linéaires.

Les pondérations de l'objectif de sélection dépendent donc à la fois de considérations techniques et économiques. En pratique, un objectif économique est établi en premier lieu en déterminant des pondérations économiques des caractères qui le composent. Les considérations techniques, déterminées par discussion avec les représentants de la race, sont ensuite intégrées afin de composer l'objectif final de sélection.

**Équation 2 : Critère économique utilisé pour déterminer les poids économiques des caractères (Pinard, Regaldo, et Guerrier, 2013)**

$$P = \frac{R - C}{C}$$

Avec P le critère économique, R les recettes totales et C les coûts totaux.

**Équation 3 : Définition théorique de la pondération économique d'un caractère (Bloch, 1996)**

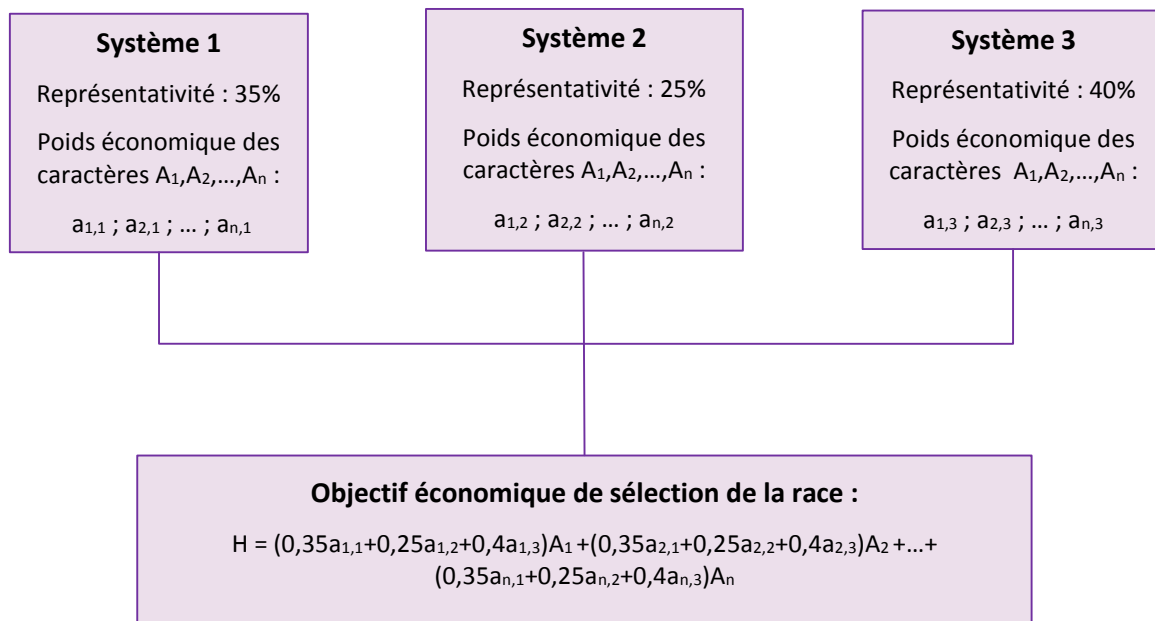
$$a_i = \frac{\partial P(A_i)}{\partial A_i}$$

Avec  $a_i$  la pondération économique du caractère  $A_i$  et P la fonction profit décrit dans l'Équation 2.

**Équation 4 : Pondération économique d'un caractère approché par une petite variation (Pinard, Regaldo, et Guerrier, 2013)**

$$a_i = \frac{\Delta P}{\Delta A_i} = \frac{\Delta B_i}{\Delta A_i} - \frac{R_0 - C_0}{C_0} \times \frac{\Delta C_i}{\Delta A_i}$$

Avec  $a_i$  la pondération économique du caractère  $A_i$  et P la fonction profit décrit dans l'Équation 2.  $\Delta B_i$  et  $\Delta C_i$  respectivement le bénéfice et le coût marginal associés à une variation  $\Delta A_i$  du caractère  $A_i$ .



**Figure 6 : Schéma illustrant la prise en compte de la diversité des systèmes d'élevage dans le calcul de l'objectif de sélection d'une race d'après les propos de (Phocas et al., 1998)**

### 2.3.1.2 Calcul de pondérations économiques

Les pondérations économiques sont calculées à partir de l'étude d'un critère économique noté P (Équation 2). En France, pour les ruminants, le critère habituellement retenu est le bénéfice par unité de coût (Pinard et al., 2013). Il permet de raisonner à coût constant ce qui est primordial étant considéré que la capacité d'investissement des éleveurs est limitée. Il est ainsi accordé plus de poids aux caractères favorisant une diminution des coûts de production.

Théoriquement, la pondération économique d'un caractère se calcule par la dérivée partielle du critère économique P par rapport au caractère considéré, les autres caractères restant fixes (Équation 3). Cependant, il a été vérifié que la dérivée partielle associée à un caractère pouvait être approchée par une petite variation de ce caractère autour de sa valeur moyenne (Bloch, 1996) donnant lieu à l'Équation 4.

Dans le cadre d'une analyse bio-économique, les recettes et les coûts de l'atelier étudié sont associés aux performances des animaux. La modélisation permet de calculer les recettes et les coûts marginaux associés aux caractères. Le coût marginal d'un caractère correspond au coût induit par la variation d'un caractère autour de sa moyenne, les autres caractères restant fixes. Il est alors possible de calculer le bénéfice (recette – coût) marginal associé à la variation de ce caractère. Ces valeurs permettent ensuite de déterminer le gain marginal obtenu sur P lorsque la valeur moyenne du caractère  $A_i$  est augmentée d'une unité physique pour déterminer sa pondération économique (Équation 4) (Rivest et al., 2008). Les modèles bio-économiques sont très utiles notamment dans le cas de caractères faisant intervenir la gestion du troupeau où une seule équation à dériver serait alors trop complexe et difficile à déterminer. Il est ainsi plus aisé de passer par la modélisation et de calculer la pondération  $a_i$  par différence finie (Phocas et al., 2013).

Ce type de modèle fait écho aux modèles dynamiques initialement mis en place pour étudier différentes stratégies de management de troupeau. En effet, les modèles dynamiques recensent des variables tant biologiques qu'économiques, qui peuvent être discrètes ou continues, afin de modéliser au plus juste le fonctionnement d'un troupeau et d'en tirer le profit réalisé par vache (Congleton, 1984).

### 2.3.1.3 Standardisation et test de robustesse

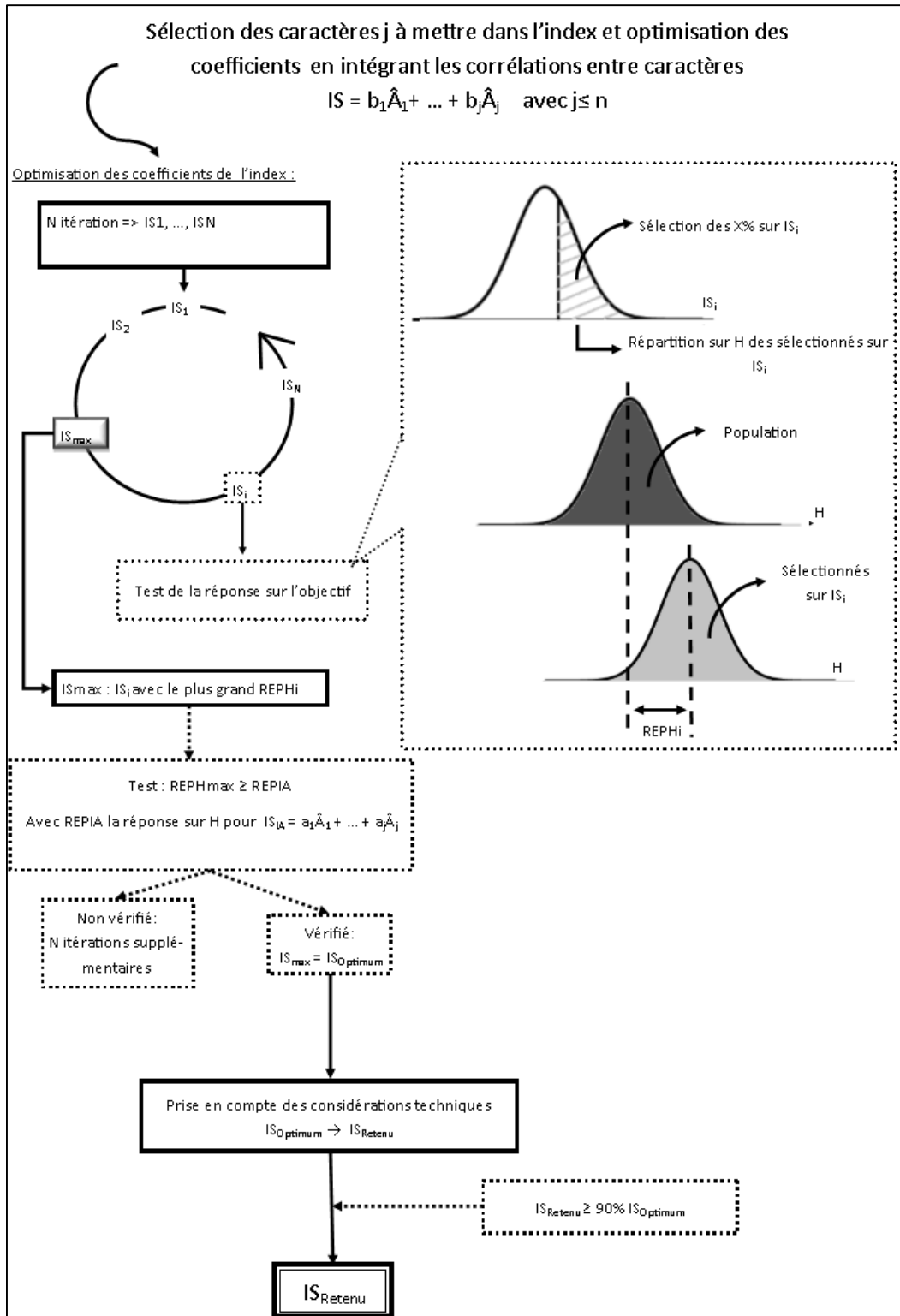
Une fois les poids économiques des caractères obtenus, il est nécessaire de les standardiser par écart-type génétique du caractère. Ceci permet de tenir compte de la variabilité liée au caractère et de comparer les caractères entre eux puisque les pondérations standardisées sont toutes exprimées en € et non plus en €/unité physique. La hiérarchisation des caractères standardisés est alors possible.

Des tests de robustesse du modèle sont ensuite effectués. Les variables en lien avec le contexte technico-économique, comme le prix des aliments, sont soumis à des variations de  $\pm 10\%$  (Albera, Carnier, et Groen, 2004). Le but est de vérifier que les pondérations économiques ne sont pas trop dépendantes du contexte économique et qu'il n'y a pas une nouvelle hiérarchisation des caractères suite aux variations effectuées.

**Équation 5 : Définition de l'indice de synthèse (Guerrier, 2008)**

$$I = b_1\hat{A}_1 + b_2\hat{A}_2 + \dots + b_n\hat{A}_n$$

Avec  $\hat{A}_i$  les index élémentaires et  $b_i$  leur pondération



**Figure 7 : Construction d'un index synthétique et optimisation de ses coefficients d'après (Guerrier, 2008 ; Pabiou, 2005)**



#### 2.3.1.4 Objectif de sélection racial

Les pondérations économiques obtenues par le modèle sont valables pour un système de production donné. Cependant, pour que les pondérations soient cohérentes avec le contexte dans lequel les descendants des reproducteurs évolueront, il est nécessaire de prendre en compte la diversité des systèmes existants. Pour cela, un petit nombre de systèmes principaux sont déterminés. Un coefficient est affecté à chacun de ces systèmes en fonction de leur représentativité par rapport à l'ensemble des systèmes existants dans la race étudiée (Figure 6). Le poids économique d'un caractère de l'objectif économique de la race est alors obtenu par une moyenne pondérée des poids économiques d'un caractère des objectifs économiques des systèmes (Croué, 2013 ; Pabiou, 2005 ; Phocas et al., 1998). Il est alors possible d'établir l'index synthétique dans la direction donnée par l'objectif économique de sélection raciale.

#### 2.3.2 Index de synthèse et les réponses à la sélection

L'index de synthèse (IS) est une fonction des index élémentaires (Équation 5). Il s'écrit sous la forme d'une combinaison linéaire des index élémentaires (Guerrier, 2008).

Les critères pris en compte dans l'IS peuvent différer des caractères de l'objectif de sélection car certains critères, fortement liés génétiquement aux caractères de l'objectif, peuvent être plus faciles et moins coûteux à mesurer que le caractère en lui-même (Phocas et al., 1998). La pondération économique du critère évalué est alors obtenue par rapport entre l'écart-type phénotypique du critère évalué et l'écart-type phénotypique du caractère estimé.

L'IS prend également en compte les corrélations génétiques entre les caractères. Or, les caractères sont considérés comme indépendants lors de leur estimation économique. Il est donc nécessaire d'optimiser les coefficients de l'index de synthèse afin de prendre en compte les précisions différentes des évaluations et les corrélations entre index élémentaires (Pabiou, 2005). Cette étape n'est pas nécessaire dans le cas d'une évaluation multicritère puisque les corrélations entre critères sont directement intégrées lors de l'évaluation et les coefficients de détermination sont homogènes. Les coefficients de l'IS sont alors directement ceux de l'objectif de sélection (Pabiou, 2005).

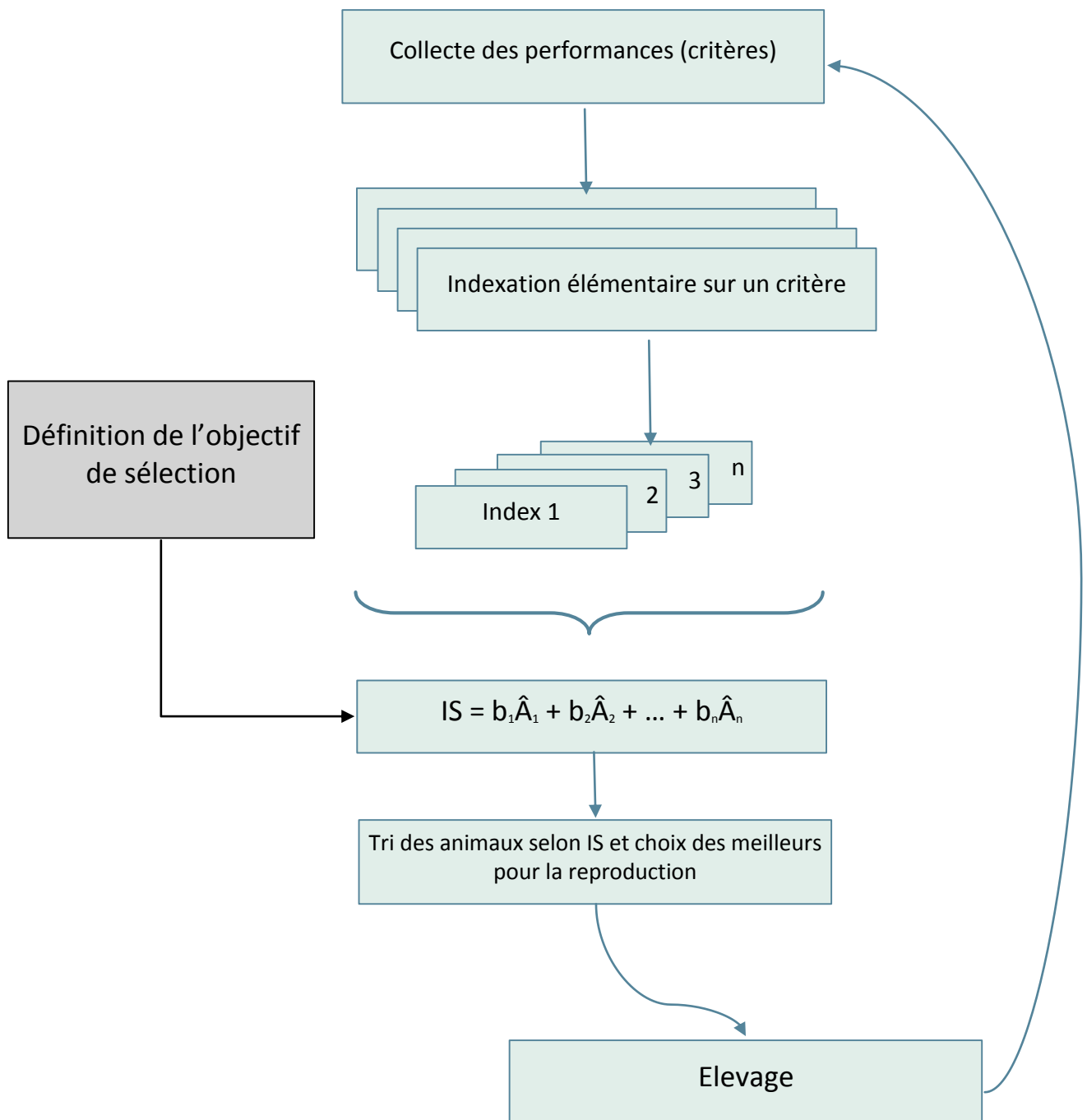
Deux méthodes peuvent être utilisées pour optimiser les coefficients de l'IS. La première est une méthode itérative, présentée dans la Figure 7, possible à partir d'un fichier contenant un très grand nombre d'animaux avec leurs index élémentaires. Cette méthode se déroule en deux phases :

- Une phase de calcul des coefficients de l'index synthétique.
- Une deuxième phase de calcul de réponse à la sélection.

**Équation 6 : Calcul des coefficients de l'indice de synthèse par méthode matricielle (Guerrier, 2008)**

$$b = P^{-1}Ga$$

Avec a et b respectivement les vecteurs pondérations de l'objectif de sélection et de l'index de synthèse, P la matrice variance covariance entre les prédicteurs de H (1) et I (4) et G la matrice variance covariance entre les composantes de H et I.



**Figure 8 : Le processus de sélection génétique d'après Guerrier, 2015 (communication personnelle)**

Ces deux phases sont répétées un très grand nombre de fois et l'IS retenu est celui présentant la plus forte réponse à la sélection. La réponse à la sélection (REPH<sub>i</sub>) de l'IS<sub>i</sub> étudié correspond à la différence de moyenne entre la population étudiée classée selon l'objectif de sélection H et les x% meilleurs individus (intensité de sélection) selon IS<sub>i</sub> répartis sur H (Figure 7). Par cette méthode, on s'assure que la réponse attendue en sélectionnant sur l'IS est meilleure que celle attendue en sélectionnant sur IS<sub>IA</sub> qui a les pondérations de l'objectif de sélection et où les corrélations entre caractères ne sont pas prises en compte (Figure 7).

La deuxième méthode consiste en un calcul matriciel par lequel les corrélations entre index synthétique et objectif de sélection doivent être maximisées. Les coefficients de l'IS sont alors trouvés par la formule décrite dans l'Équation 6 (Guerrier, 2008) :

Une fois les coefficients optimums de l'IS déterminés, des ajustements sont faits en fonction des souhaits de l'OS. Ceci conduit à renforcer ou diminuer le poids de certains caractères (Figure 7). Il est alors possible de choisir les meilleurs reproducteurs en les classant selon l'IS afin de fonder la génération suivante. Les processus globaux de la sélection génétique sont détaillés dans la Figure 8.

La sélection génétique en France est constituée d'un maillage complexe d'organismes agissant à différentes échelles. Tout d'abord, en élevage où des performances sont collectées permettant d'estimer la valeur génétique de l'animal sur de nombreux critères permettant le calcul d'index élémentaires (Figure 8). A une échelle plus globale, des études bio-économiques sont menées afin de déterminer l'intérêt économique de sélectionner différents caractères. Ceci constitue les pondérations économiques des caractères. Elles représentent une aide pour l'OS dans la détermination d'un indice de synthèse racial ou ISU. Cet ISU permettra alors de classer les animaux entre eux, afin de ne sélectionner que les meilleurs reproducteurs selon l'objectif de sélection pour constituer la génération suivante.



### 3 Bilan et problématique

---

Le travail agricole est un domaine en perpétuelle évolution. Il n'a cessé d'être source de progrès technique, à tel point que l'agriculture d'aujourd'hui n'a rien à voir avec celle pratiquée cinquante ans en arrière par exemple. Ces mutations qui concernent à la fois la structure des exploitations et leur fonctionnement marquent profondément le métier d'éleveur à la quête d'une nouvelle identité.

Face à ces changements, l'attrait pour l'étude du travail s'est développé. Des outils ont été mis en place dans le but d'apporter du conseil. L'un d'eux, le Bilan Travail, permet de quantifier le travail en le distinguant selon le travail d'astreinte et le travail de saison. L'analyse globale des exploitations a ainsi pu être améliorée par la prise en compte de cette méthode. L'outil ACTEL permet, quant à lui, d'apporter un conseil plus spécifique et ciblé sur certains postes de travail.

En parallèle, la sélection génétique des animaux s'est développée. De plus en plus de caractères ont été évalués, de nouveaux outils ont été créés ou améliorés, apportant davantage de précisions. Les objectifs de sélection et les indices de synthèses sont désormais déterminés sur des critères techniques mais également économiques. Des modèles bio-économiques précisent l'impact économique de l'amélioration d'un caractère aidant à la création d'index de synthèse. Ces méthodes permettent de sélectionner des animaux économiquement plus performants.

Cependant, le travail en élevage n'est pas pris en compte dans les modèles bio-économiques de sélection génétique. Ainsi, même si les animaux sélectionnés permettent de maximiser le profit, la charge de travail associée ne l'est pas nécessairement. Or, une forte demande des filières a été la prise en compte du travail dans la sélection des animaux.

Mon stage a pour but d'offrir une première approche pour répondre à cette demande des filières. La problématique que j'ai eu à traiter est donc :

#### **Comment intégrer la notion de travail en élevage dans les modèles bio-économiques servant à définir les objectifs de sélection des races ?**

L'étude porte sur un système herbager du massif central en race Montbéliarde. Le choix du système fait suite à la modélisation de ce type de système dans un modèle bio-économique (Croué, 2013). Pour répondre à cette question trois thèmes sont à distinguer :

- Caractéristiques du travail dans un système herbager du massif central en race Montbéliarde
- Les liaisons entre temps de travail en élevage bovin lait et performances animales
- Modélisation du travail en élevage et conséquences sur les objectifs de sélection

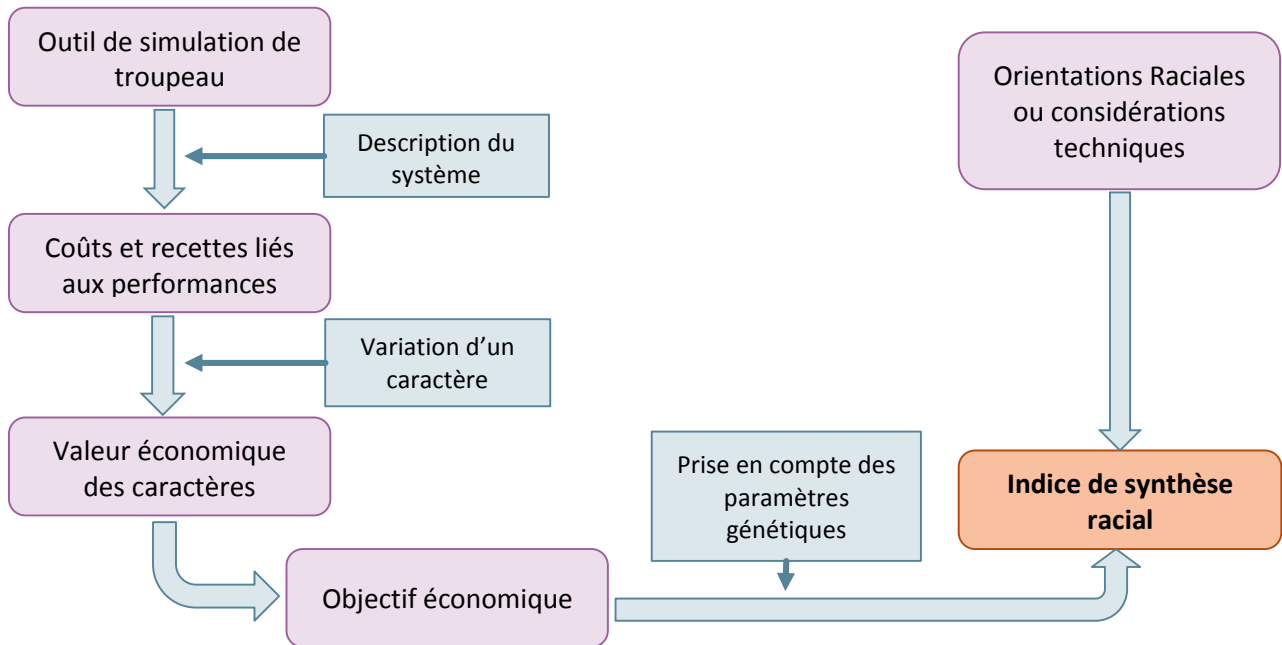


Figure 9 : Du calcul du poids économique des caractères à l'indice de synthèse d'après (Pinard, 2015)

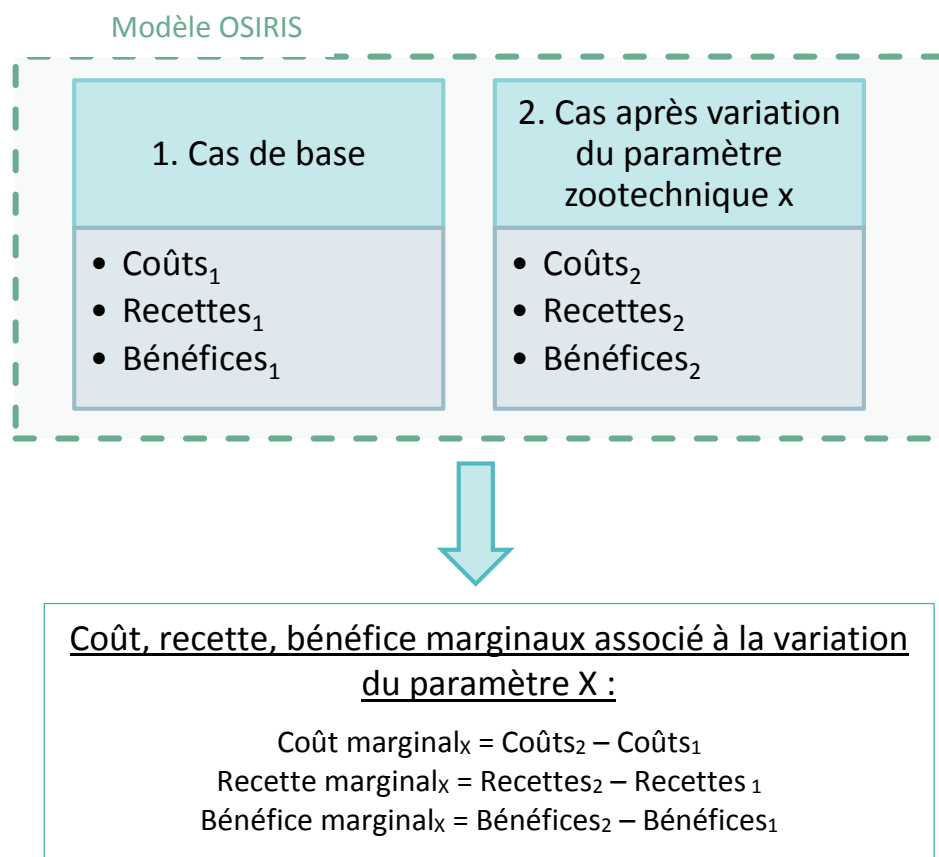


Figure 10 : Calcul des coûts, recettes et bénéfices marginaux associés à la variation d'un caractère dans le modèle

---

## PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODE

---

### 1 OSIRIS : un outil de simulation de troupeau au service de la sélection génétique

---

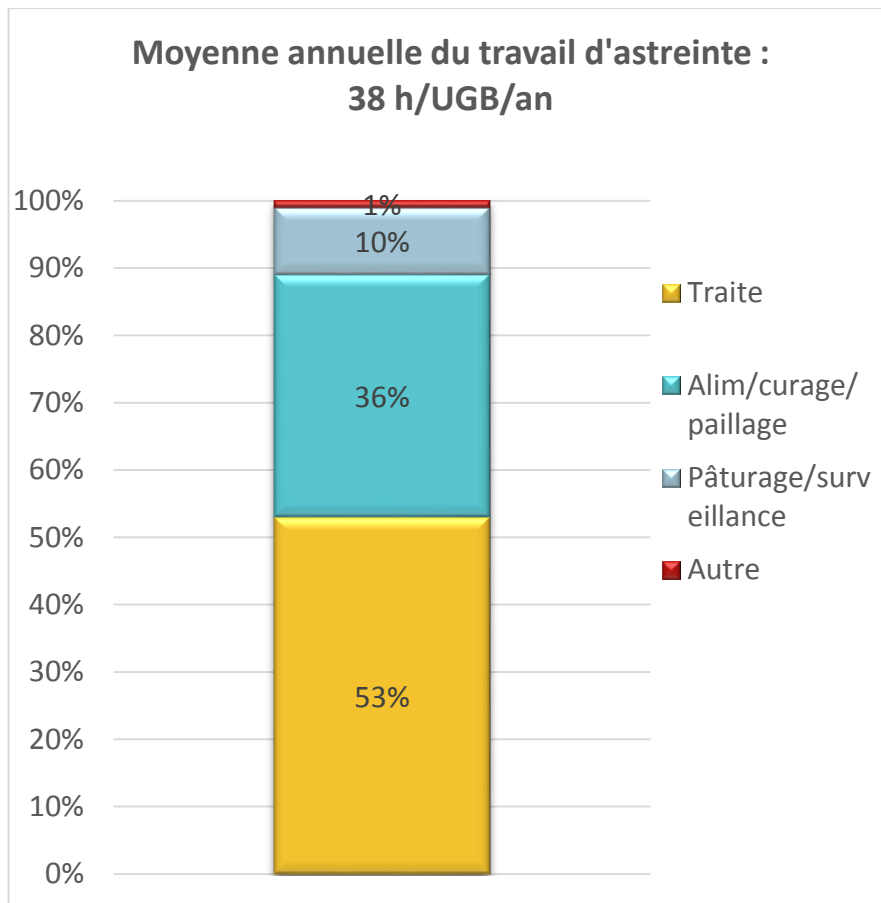
Le projet OSIRIS (2012 – 2015) est mené par l'Institut de l'Élevage en collaboration avec FGE, l'ITAB, Races de France, l'INRA soutenu par l'UMT 3G et GGPR. Son but est de calculer, avec un ensemble de modules développé sous SAS/IML® (SAS Institute INC., 2013), le poids économique d'un caractère de sélection à travers la notion de gain permis par la variation de la valeur moyenne d'une performance (selon la méthode développée dans la partie 1, §2.3). Le modèle a été conçu en modules pour s'adapter aux cinq filières ruminant (bovin lait, bovin viande, ovin lait, ovin viande et caprin) (Annexe 1).

La méthode développée dans OSIRIS est une analyse de cas-types d'élevage. Un cas type est un mode de formalisation des références "système d'exploitation". Il décrit, à l'aide d'un ensemble d'indicateurs techniques et économiques, le fonctionnement d'une exploitation « type » en rythme de croisière. L'élaboration d'un cas-type repose avant tout sur les résultats des exploitations suivies dans le cadre du dispositif Inosys-Réseaux d'élevage. Elle repose également sur la connaissance des techniciens du milieu environnant et de son évolution, ainsi que sur l'expertise et les acquis analytiques (fermes expérimentales, appuis techniques, contrôles de performances), (*"Guide méthodologique d'élaboration du cas-type"*, Institut de l'Élevage, 2015 à paraître).

Dans un premier temps, le modèle OSIRIS simule le fonctionnement global d'un élevage en utilisant les données technico-économiques du cas-type et détermine les coûts, recettes et bénéfices (recettes-coûts) permis par ce système (Figure 10). Ceci constitue ce que l'on nomme le cas de base dans la suite de ce rapport. Tous les paramètres des animaux, sur la base du cas-type ou de données génétiques, sont à leur valeur moyenne.

Dans un deuxième temps, la modélisation permet d'effectuer une variation élémentaire, autour de la moyenne de la population, d'un paramètre biologique en lien avec le caractère dont on souhaite déterminer la pondération (les autres paramètres restant égaux par ailleurs). Ceci permet de calculer les coûts, recettes et bénéfices marginaux associés à la variation du paramètre. Le coût marginal, par exemple, représente la différence de coût entre le cas de base et le cas après variation du paramètre (Figure 10). Il en est de même pour les bénéfices et recettes marginales. L'Équation 4, intégrée dans le modèle, permet alors de calculer le poids économique de la variation du caractère.

L'objectif économique de sélection est déterminé par le poids économique des caractères calculés indépendamment les uns des autres (méthode développée en Partie 1) Les corrélations entre les caractères sont ensuite prises en compte dans le calcul de l'indice de synthèse (Figure 9).



**Figure 11 : Part des tâches dans le travail d'astreinte annuel pour des exploitations spécialisées en bovin laitier d'après (Moulin, 2005)**



## 2 Les bases de référence temps de travail

---

L'intégration du travail dans le modèle OSIRIS s'effectue tout d'abord en termes de temps avant d'être évalué économiquement puis intégré comme coût de production. Plusieurs études ont eu pour objectif de quantifier le travail en élevage, dont certaines ont abouti à la création d'outils de conseil.

Dans cette partie sont détaillées différentes sources d'information pour obtenir des données quantitatives du travail en élevage. Elles seront ensuite utilisées pour la modélisation du travail dans OSIRIS.

### 2.1 La base de données Bilan Travail

La base de données Bilan travail en bovins lait (Fagon et Sabatté, 2010) est constituée des résultats de 190 enquêtes réalisées dans la France entière. Elle fournit des temps de référence sur le travail d'astreinte global. Les enquêtes ont été réalisées entre 2008 et 2009.

### 2.2 L'outil ACTEL

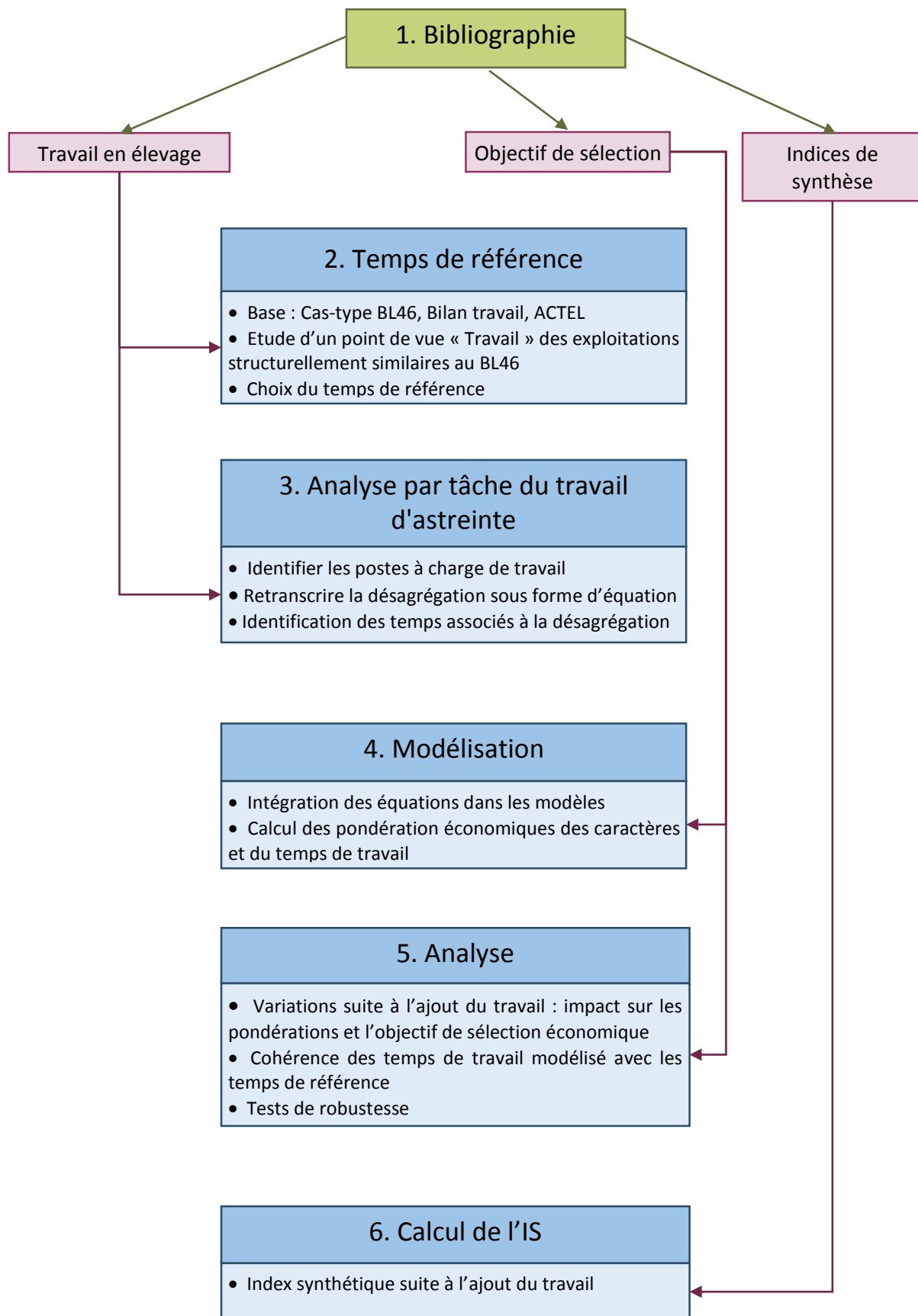
L'outil ACTEL, développé uniquement en bovin lait, donne des résultats de temps de travaux par tâche. Cette "désagrégation" du travail d'astreinte fournit des données cohérentes (l'enquêteur s'assure que le total des tâches correspond au travail d'astreinte annuel), complémentaires et plus analytiques que celles issues du Bilan Travail.

Une étude préliminaire (Moulin, 2005) a permis d'accorder un poids à chacune de ces tâches. Les résultats sont détaillés dans la Figure 11. Il peut alors être distingué la traite avec 53% du travail d'astreinte, l'alimentation/ curage/ paillage avec 36%, le pâturage et la surveillance avec 10% et enfin d'autres tâches diverses (1%).

### 2.3 Expertises

Les deux outils précédents présentent une approche globale du travail sur l'année. Cependant des données plus précises allant jusqu'à une action qui relève du chronométrage sur le terrain sont parfois nécessaire. Ainsi pour disposer de ces informations, des experts de chaque domaine ont été consultés et leurs avis ont été complétés par des références bibliographiques.

Le modèle OSIRIS est un modèle bio-économique permettant de calculer les coûts et recettes d'un atelier afin de déterminer les pondérations économiques des caractères. Il serait alors possible d'intégrer le travail comme facteur de production dans OSIRIS. Pour cela, plusieurs bases d'études sont à disposition : Les bases de données « Bilan Travail » et de l'outil ACTEL ainsi que les avis d'expert dans chaque domaine.



**Figure 12 : Processus d'intégration du travail dans le modèle OSIRIS et étude de son impact**

## 3 Déroulement du projet

---

Le projet s'articule en plusieurs parties. La première consiste à étudier le travail pour un système donné. La deuxième phase repose sur la désagrégation du travail pour le modéliser, sous forme d'équations, en vue de l'intégrer dans le modèle OSIRIS. Une fois la modélisation valide, la troisième partie porte sur l'impact de l'ajout du travail sur les données caractérisant l'objectif de sélection et l'indice de synthèse. Le déroulement général de projet est présenté dans la Figure 12.

### 3.1 Système d'étude : le cas-type BL46

Le choix du système d'étude s'est porté sur le cas-type « Bovin Lait 46 » (Annexe 2), mis au point par l'équipe InsoSys- Bovins Lait Auvergne Lozère. Il correspond à un système herbager Montbéliard du Massif Central. Ce choix est fait pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ACTEL qui propose une décomposition par tâche du travail n'est développé que pour les bovins laitiers. Ensuite, La race Montbéliarde a été choisie pour la réactivité de ses acteurs et leur intérêt pour l'étude. Enfin, une étude préalable a abouti à la modélisation dans OSIRIS du cas-type BL31 (système Montbéliard Auvergnat) (Croué, 2013), qui sert de base à l'étude. Seules quelques données ont été réactualisées (Annexe 3).

### 3.2 Références travail pour un système Montbéliard du Massif Central

#### 3.2.1 Prix du travail

Par convention pour le Réseaux d'élevages, le travail est évalué sur la base de 1,5 SMIC brut pour un plein temps annuel soit 1,5 SMIC net augmenté d'un coefficient de 30% (Reuillon et al., 2012) pour prendre en considération les charges sociales. Mais comme le modèle OSIRIS comprend déjà des charges sociales, la rémunération du travail considéré est donc de 1,5 SMIC net pour un temps plein annuel soit 7,34 €/h au 1<sup>er</sup> janvier 2015 (URSSAF, 2014).

#### 3.2.2 Le travail d'astreinte : temps de référence

Le cas-type BL46 décrit une exploitation de montagne en système herbager avec un troupeau de race Montbéliarde. La base de données nationales Bilan Travail regroupe des exploitations situées sur tout le territoire français. L'ensemble de ces exploitations ne peuvent pas servir de référence d'un point de vue travail, il faut considérer des systèmes proches de celui développé dans le BL46.

Seules les exploitations en zone de montagne ont été considérées puisque le travail est significativement différent entre les exploitations de plaine et de montagne (Figure 4). De plus, l'étude portant sur la race Montbéliarde, seules les exploitations de la base Bilan Travail avec un troupeau Montbéliard ont été prises en compte. Avec ces deux restrictions, l'échantillon est formé de 17 exploitations. L'étude des 17 exploitations permet de distinguer un échantillon de référence.

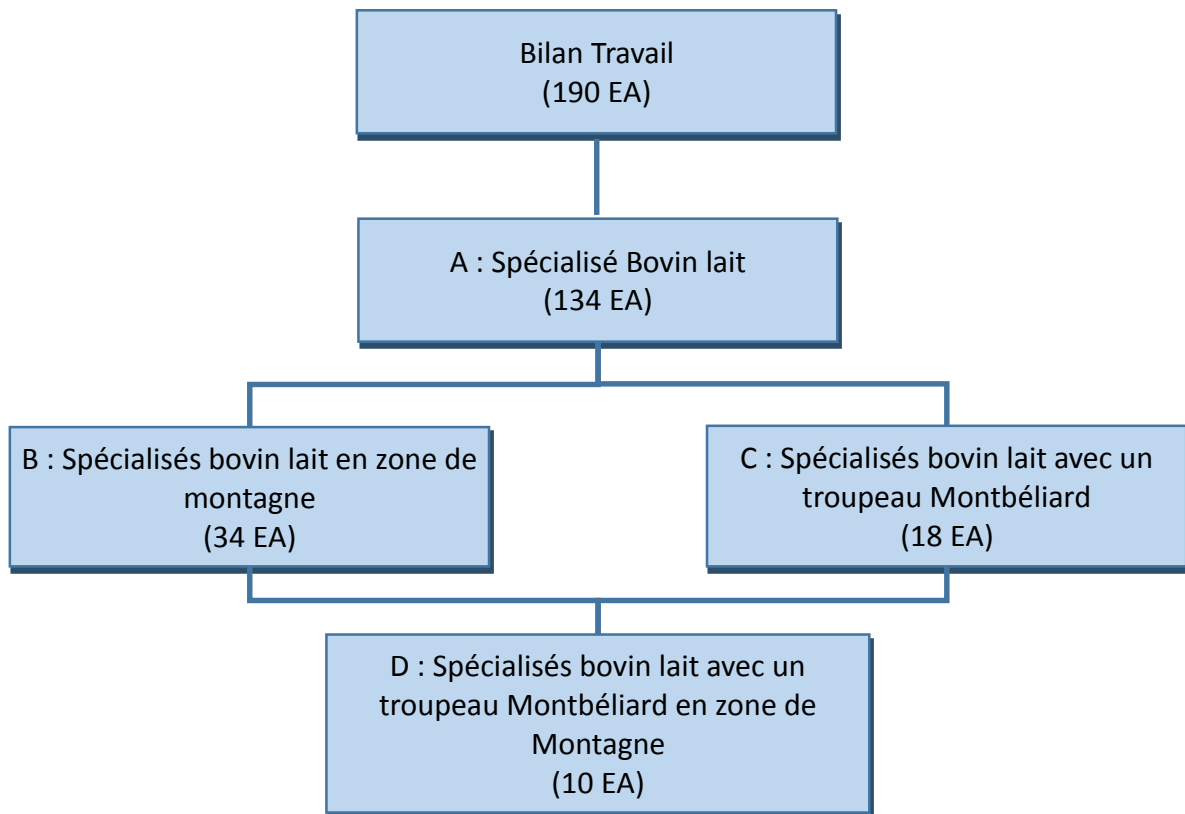


Figure 13 : Groupes d'exploitations sélectionnés pour l'étude du temps de travail d'astreinte d'après les données Bilan Travail (EA : Exploitation Agricole)

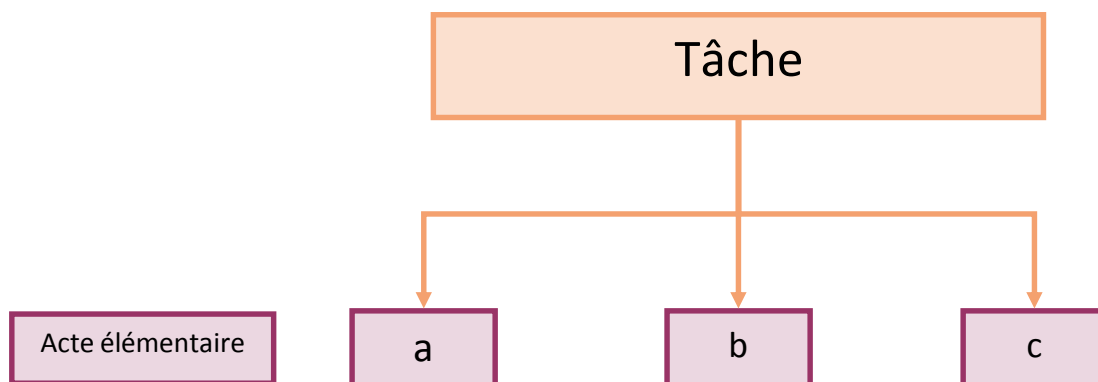


Figure 14 : Désagrégation d'une tâche en actes élémentaires

Équation 7 : Exemple théorique de modélisation d'une tâche sous forme d'équation

$$\text{Tâche} = a * \text{effectif} + b * \text{performance} + c$$

Avec  $a, b, c$  des actes élémentaires

Dans le Bilan Travail, le travail est séparé en deux types :

- le travail d'astreinte (TA)
- le travail de saison (TS)

Pour cette étude, seul le TA (directement relié au troupeau) a été considéré. Au sein du travail d'astreinte peut être distingué :

- le TAcb qui correspond au travail d'astreinte de la cellule de base et ne prend pas en compte le bénévolat
- le TAcb/pCB qui correspond au TAcb rapporté par personne de la cellule de base (pCB)

Le travail d'astreinte total est fortement dépendant de la part de bénévolat présent dans l'élevage qui elle-même a des répercussions sur l'efficacité (TA/UGB ou TA/1000 litres de lait). De plus, le travail intégré dans OSIRIS, comme coût de production, ne peut être que celui de la main-d'œuvre rémunérée. Ainsi, la variable étudiée est TAcb/pCB pour pouvoir comparer les exploitations entre elles.

Le TAcb/pCB de l'échantillon de référence est comparé à différents groupes issus d'exploitations spécialisées en bovin lait du Bilan Travail (aux groupes A, B, C, D de la Figure 13). Il est également comparé aux données du BL46, pour situer l'échantillon et le BL46 par rapports aux autres groupes afin de définir le temps de référence.

Une fois le temps de travail d'astreinte de référence obtenu pour un système du type BL46, il s'agit de passer à un autre niveau d'étude du travail d'astreinte : la désagrégation du travail en tâches. Le temps de référence constitue un « garde-fou » pour s'assurer de la cohérence de la désagrégation.

### 3.3 Désagrégation du travail d'astreinte par tâche

#### 3.3.1 Identification des tâches

La première phase consiste à identifier les différentes tâches du travail d'astreinte et à repérer celles en lien avec les performances des animaux et avec l'effectif du troupeau. Une première étude, réalisée par Delphine Pinard (Institut de l'Élevage), a servi de base à cette étape. La désagrégation proposée par ACTEL est également venue en complément. Elle ne pouvait cependant pas servir telle qu'elle puisqu'il était parfois nécessaire de désagréger les tâches proposées par ACTEL pour aller jusqu'à l'acte élémentaire (exemple : action de nettoyer les trayons d'une vache pour la traite).

Après avoir identifié les tâches, il est nécessaire de les mettre sous forme d'équation afin de relier le travail à des performances animales et/ou à un nombre d'animaux. Pour certaines tâches, comme la traite, la retranscription sous forme d'équation (Équation 7) passe par une deuxième phase de désagrégation en actes élémentaires (Figure 14).

En parallèle, des temps sont associés aux tâches et aux actes élémentaires. Ils sont issus de références bibliographiques ou estimés par des experts du domaine.

**Équation 8 : Différence de pondération économique après et avant ajout du travail en fonction de la variation de travail du caractère**

$$f_i(\Delta W) = a_{iW} - a_{iSW}$$

Avec  $a_{iW}$  la pondération économique du caractère  $i$  après ajout du travail et  $a_{iSW}$  celle avant ajout du travail.

**Équation 9 : Héritabilité d'un caractère**

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$$

Avec  $h^2$  l'héritabilité du caractère,  $\sigma_G$  l'écart-type génétique et  $\sigma_P$  l'écart-type phénotypique

### 3.4 Modélisation du travail dans les modules OSIRIS

La modélisation consiste principalement à intégrer les équations régissant la désagrégation du travail dans les différents modules du modèle OSIRIS. Ceci permet d'obtenir après modélisation le temps de travail d'astreinte annuel pour chaque tâche mais aussi global. Le temps de travail d'astreinte global correspond à la somme du temps de chaque tâche, il représente le travail d'astreinte total de l'exploitation pour une année. Une comparaison de ce résultat avec le temps de référence a été réalisée afin de s'assurer de la validité de la modélisation et de la désagrégation.

Les poids économiques des caractères suite à l'ajout du travail sont dans le même temps calculés par le programme OSIRIS.

### 3.5 Analyse de l'impact de l'ajout du travail

Pour comprendre les modifications engendrées par l'ajout du travail, deux modélisations sont étudiées :

- La modélisation du BL46 dans OSIRIS avant que le travail ne soit ajouté
- La modélisation de BL46 dans OSIRIS après ajout du travail

L'analyse de l'impact du travail dans le modèle OSIRIS passe par un examen des recettes et coûts marginaux associés à la variation d'un caractère pour permettre de comprendre l'influence du travail.

Elle passe également par une comparaison des pondérations économiques des caractères, standardisées par écart-type génétique, avant et après l'ajout du travail dans le modèle. Ceci revient à étudier la fonction  $f_i$  (Équation 8) définie comme la différence entre la pondération du caractère  $i$  avant ajout du travail et celle après l'ajout du travail.  $f_i$  est exprimée en fonction de la variation de travail ( $\Delta W$ ) entre le cas de base et le cas modélisé suite à la variation du caractère.

Des tests de robustesse viennent compléter l'analyse. En effet, il s'agit de vérifier que le modèle n'est pas trop sensible à des variations de temps de travail ou à une variation du coût du travail. Pour cela, des variations de  $\pm 10\%$  sont effectuées successivement sur les temps définissant chaque tâche ainsi que sur le prix du travail.

Si le modèle est robuste, il est alors pertinent d'étudier l'impact de l'ajout du travail sur les objectifs économiques de sélection, les réponses à la sélection et les indices de synthèse.

### 3.6 Objectifs économiques de sélection et hiérarchisation des caractères

L'objectif économique de sélection est constitué à partir des pondérations économiques des caractères. Celles-ci sont exprimées en €/unité physique. Pour pouvoir comparer les caractères entre eux, il est nécessaire de les standardiser par leur écart-type génétique. Les caractères sont ainsi exprimés dans la même unité (en €), il est alors possible de les hiérarchiser.

Le caractère vitesse de traite n'ayant jusqu'alors pas de pondération économique, il a fallu déterminer son écart-type. Pour cela, je me suis intéressée à la dispersion du temps de traite des vaches par rapport à un temps de traite moyen. On considère ensuite une loi normale  $N(\mu, \sigma)$  avec  $\mu$  la moyenne correspondant au temps de traite pris en compte dans le modèle et  $\sigma$  l'écart-type phénotypique (à déterminer) de la variable. En se rapportant à une loi normale centrée-réduite, il est alors possible d'approcher  $\sigma$ . L'héritabilité d'un caractère est définie par l'Équation 9. Il est alors possible, en connaissant  $h^2$ , d'accéder à l'écart-type génétique de la vitesse de traite en minute.





### 3.7 Calcul de l'indice de synthèse

Le calcul de l'indice de synthèse s'effectue via un programme SAS/IML® (SAS Institute INC. 2013) écrit par F.Phocas en 1998 (Pabiou, 2005). Celui-ci permet de déterminer l'indice de synthèse optimal ainsi que les réponses à la sélection obtenues via la méthode itérative présentée en partie 1, §2.3.2. Le fichier utilisé contient les index élémentaires de 831 taureaux Montbéliard nés entre 2007 et 2013.

En prenant les mêmes caractères que ceux présents dans l'ISU 2012, différents indices de synthèse uniques propres au BL46 sont calculés :

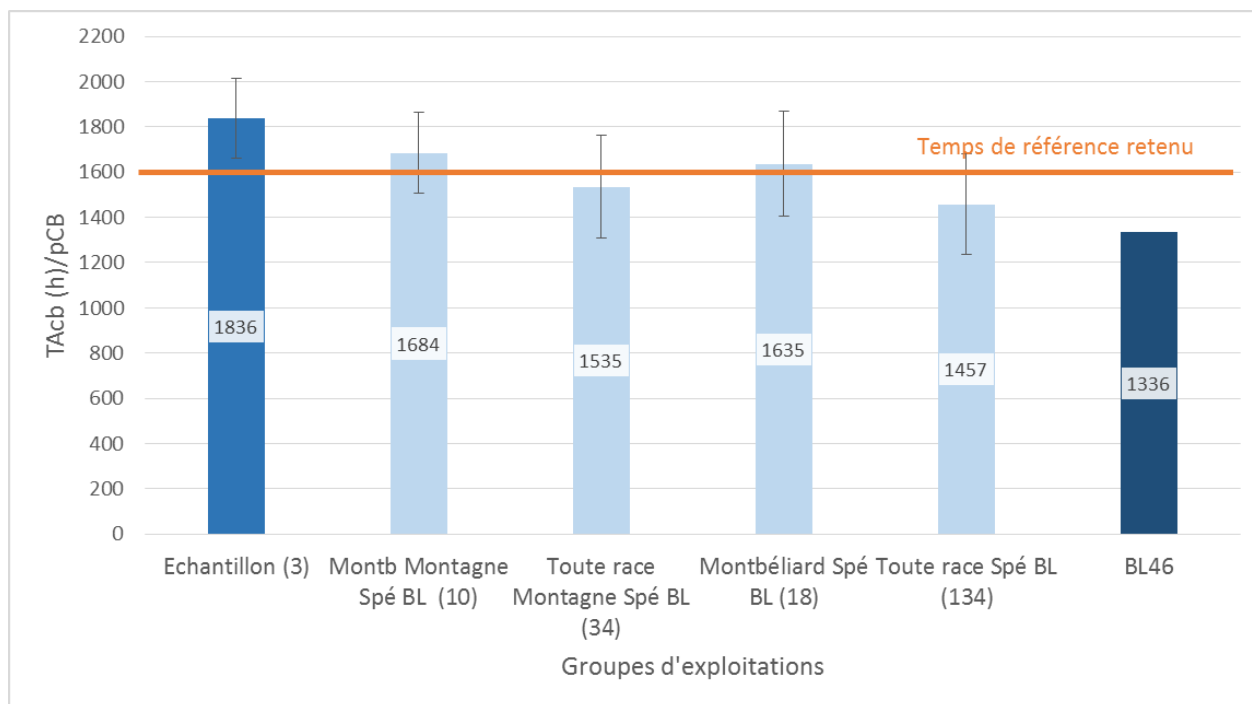
- l'ISU\_SW : ISU calculé à partir des pondérations économiques données par la modélisation sans le travail
- l'ISU\_AW : déterminé à partir des pondérations économiques des caractères tenant compte du travail (hors vitesse de traite)
- l'ISU\_AW\_VTR : calculé sur la base des pondérations économiques caractères (dont vitesse de traite) pour la modélisation avec travail

La comparaison des réponses à la sélection pour l'ISU\_SW, l'ISU\_AW et l'ISU\_AW\_VTR est complétée par les réponses à la sélection de l'ISU 2012 qui permet de situer les résultats de l'étude.

Cependant, les caractères pris en compte pour définir l'objectif de sélection peuvent être différents des critères indexés. C'est le cas pour la vitesse de traite qui n'avait jusqu'alors pas de pondération économique. La pondération du caractère est déterminée par une variation du temps de traite alors que l'évaluation passe par une note attribuée, à dire d'éleveur, à la vache. Le changement d'unité est permis par le rapport entre l'écart-type phénotypique du critère évalué et l'écart-type phénotypique du caractère économique. La nouvelle pondération obtenue dans l'unité du critère évalué est standardisée par l'écart-type génétique du critère. Elle servira alors dans le calcul de l'indice de synthèse et la détermination des réponses à la sélection.

*NB : les valeurs des écart-types génétiques et phénotypique sont communiquées par Didier Regaldo (Institut de l'Élevage).*

La méthode mise en place est une étude à plusieurs niveaux du travail en élevage pour un système correspondant au cas-type BL46. La première échelle concerne le travail d'astreinte annuel. Le deuxième niveau est une décomposition par poste du travail d'astreinte. Un troisième niveau s'ajoute avec une décomposition en actes élémentaires pour certaines tâches. Les deuxième et troisième niveaux servent de base à la modélisation du travail en transposant les tâches sous forme d'équation. Une fois le passage à des échelles de plus en plus fines effectué et les équations intégrées dans le modèle OSIRIS, il s'agit de "remonter l'échelle", c'est-à-dire de vérifier que les temps sont cohérents avec le premier niveau d'étude (travail d'astreinte global). A cette condition, l'impact du travail sur le poids économique des caractères, l'objectif de sélection et l'indice de synthèse pourront être validés.



**Figure 15 : Moyenne du travail d'astreinte annuel de la cellule de base rapport par personne de la cellule de base (TAcB/pCB) pour différents groupes d'exploitations agricoles définis à partir de la base de données « Bilan Travail » et du BL46**

---

# PARTIE 3 : RESULTATS

---

## 1 Temps de travail : références et modélisation du travail

---

### 1.1 Analyse des bases de données

Pour déterminer les exploitations proches d'un point de vue structurel du BL46, j'ai réalisé, en concertation avec le service statistique de l'Institut de l'Élevage, une Analyse en Composante Principale (ACP) avec quatre variables considérées comme discriminantes et correspondant aux principaux facteurs de production d'un élevage : la surface (ha de SAU), la main-d'œuvre (nombre de personnes dans la cellule de base), le cheptel (nombre de vaches laitières) et la production par vache. L'ACP est suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Sur un échantillon de 17 exploitations (EA en zone de montagne de race Montbéliarde pour lesquelles un Bilan Travail a été réalisé) augmenté du BL46 (Annexe 4 et Annexe 5), un groupe de 6 exploitations a été identifié. Nous avons retiré les exploitations mixtes et celles avec un troupeau de vaches en dehors du domaine de validité défini dans le BL46 (Annexe 6). En effet, la distinction de travail d'astreinte entre le troupeau laitier et le troupeau allaitant est rarement effectuée. Trois exploitations sont retenues pour constituer l'échantillon final de référence.

La variable d'intérêt choisie pour déterminer le temps de référence est le TAcB/pCB. Les moyennes des différents groupes de fermes (cf Figure 13) et leur écart-type sont présentés dans la Figure 15. Le premier constat est l'écart important (500 h/pCB/an) entre le temps de TAcB/pCB des EA de l'échantillon de référence et celui indiqué pour le BL46. Pour les autres groupes, TAcB/pCB se situent entre 1450 et 1700 heures, soit compris entre l'échantillon de référence et le BL46.

Une ANOVA unifactorielle réalisée entre les différents groupes d'exploitations sur la variable TAcB/pCB montre qu'il n'y a pas de différence significative entre tous les groupes (Annexe 7).

Le choix du temps référence s'est porté sur 1600 heures de TAcB/pCB après comparaison avec les données nationales (Cournut et Chauvat, 2010) et discussion (Gérard Servière, communication personnel). Ce choix tient compte de la localisation en zone de montagne, mais aussi de l'évolution possible des temps de travaux entre la réalisation des enquêtes Bilan Travail faites entre 2008 et 2009 et la modélisation plus tardive du BL46 (2014).

Le BL46 est conduit par deux personnes sans autre main-d'œuvre familiale, ce qui induit un **travail d'astreinte total annuel de 3200 heures**, soit 37 heures par UGB. Ceci est en cohérence avec les résultats de la base de données ACTEL qui indiquent 38 heures par UGB en moyenne pour des exploitations d'Auvergne spécialisées en bovin lait.

Une analyse des données « Bilan Travail » pour la variable TAcB/pCB permet de dégager un temps de référence de 1600 heures de TAcB/pCB. Ceci représente donc pour un système type BL46 un temps de travail d'astreinte annuel de la cellule de base de 3200 heures qui constitue le temps de référence de l'étude.

**Tableau 1 : Désagrégation du travail d'astreinte par tâche et ordre de priorité de leur intégration dans OSIRIS**

Caractère / <i>Tâche</i>	Priorité	Intérêt pour la filière	Données « travail » facilement récoltables	Index génétique actuellement ou prochainement disponible	Facilité de modélisation
<b>Vitesse de traite</b>	+++	++	+	oui	++
<b>Production laitière (Traite)</b>	++	++	+	oui	--
<b>Fertilité (Insémination)</b>	++	++	+	oui	+
<b>Temps de gestion globale du troupeau</b>	+	=	++		--
<b>Condition de naissance (Vêlage)</b>	+	-	+	oui	++
<b>Mammites clinique</b>	=	++	-	oui	+
<b>Alimentation</b>	-	=	--		-
<b>Santé</b>	-	+	-	non	-

## 1.2 Désagrégation du travail d'astreinte par tâche

### 1.2.1 Identification des tâches

Nous avons déterminé un ordre de priorité (Tableau 1) en fonction :

- de la disponibilité des données temps de travail
- de la disponibilité des index génétiques reliés directement à ces tâches
- de la facilité de modélisation dans OSIRIS des tâches

La priorité est donc donnée aux tâches : conduite du troupeau, traite, insémination, vêlage et au caractère vitesse de traite. Les tâches mammites et santé ne sont pas détaillées car elles sont directement imbriquées avec d'autres tâches comme la traite ou la conduite du troupeau. La tâche alimentation est en partie imbriquée dans la conduite du troupeau ou relève du travail de saison.

*NB : Le travail de saison, important dans les coûts de productions de l'alimentation (fourrages et concentré), n'est pas pris en compte dans cette étude centrée uniquement sur le travail d'astreinte lié directement aux animaux.*

Suite à l'identification des tâches, je propose de les traduire sous forme d'équations afin de relier le travail à des performances animales ou à un nombre d'animaux. Pour certaines tâches comme la traite, une phase supplémentaire de désagrégation en actes élémentaires (exemple : le nettoyage des trayons, regroupement des vaches laitières,...) est nécessaire.

### 1.2.2 Mise en équation des tâches et temps associés

#### 1.2.2.1 La conduite du troupeau

Selon la nomenclature d'ACTEL, les tâches d'alimentation, de surveillance, de nettoyage et de curage représentent, ensemble, 46% du travail d'astreinte global (Figure 11). En considérant que ces tâches constituent le travail de conduite du troupeau, il est possible d'obtenir un temps de conduite de troupeau de référence de 1472 heures annuel, sur la base de 3200 heures de travail d'astreinte global annuel. Ce temps, rapporté à l'UGB (86 UGB pour le BL46), permet de modéliser le temps de conduite de troupeau, pour les vaches et leurs suites, via des coefficients UGB. Le temps de conduite du troupeau par UGB est de 17,1 h/UGB/an. Les coefficients UGB utilisés (Annexe 8) sont ceux définis pour l'élaboration des cas-types (Jean-Luc Reuillon, 2015, communication personnelle). Le temps de conduite total du troupeau s'écrit alors sous la forme de l'Équation 10 :

#### Équation 10 : modélisation du temps de conduite de troupeau

$$\text{Temps conduite} = \sum_i \text{Effectif\_cat}_i * \text{CoeffUGB}_i * \text{temps\_conduite\_UGB}$$

*Avec Temps conduite le temps annuel de conduite du troupeau, Effectif\_cat<sub>i</sub> l'effectif par catégorie i d'animaux, coeffUGB<sub>i</sub> le coefficient UGB associé à la catégorie i et temps\_conduite\_UGB le temps de travail d'astreinte de la cellule de base par UGB pour la conduite du troupeau.*

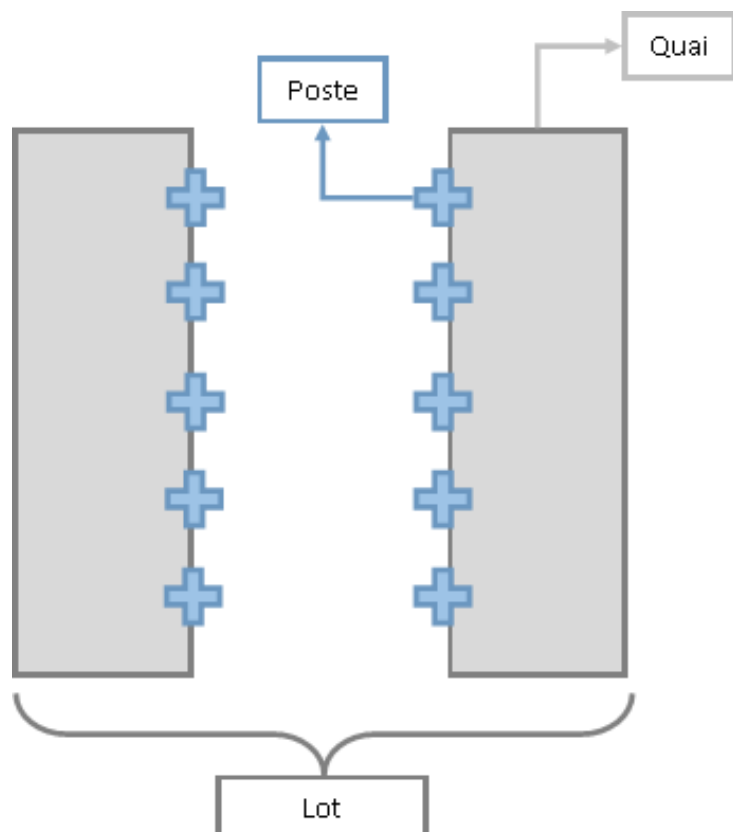


Figure 16 : Schéma d'une salle de traite en 2X5 postes

### 1.2.2.2 La traite

La traite, selon la définition des tâches dans ACTEL, commence du rassemblement des vaches laitières jusqu'au nettoyage de la salle de traite après la sortie de tous les animaux. Le temps éventuel pour amener les animaux du pâturage au bâtiment n'est pas comptabilisé dans cette tâche. Le BL46 présente une salle de traite 2X5 postes en double équipement avec décrochage automatique qui servira de modèle à l'étude. La traite peut être décomposée en différentes parties :

Tout d'abord, un temps de préparation (TpsPrep). Il regroupe la préparation de la salle de traite (PrepSalle) et le regroupement des vaches laitières dans le bâtiment jusqu'à l'aire d'attente (RgrpVL) et s'écrit sous la forme de l'Équation 11.

#### Équation 11 : Temps de préparation de la salle de traite

$$TpsPrep = PrepSalle + RgrpVL$$

La deuxième partie est caractérisée par le temps de traite « d'un quai » (Figure 16), (TpsQuai) qui peut-être décomposé en actes élémentaires avec : l'entrée des vaches (entréeVL), le nettoyage des trayons des vaches (NetTrayon), le branchement des vaches (Branchement), la traite effective des vaches (TraiteVL) jusqu'au décrochage, l'opération de post traitement (PostTraite) et la sortie des vaches laitières (SortieVL). Certains des actes élémentaires (NetTrayon et Branchement) sont à lier avec le nombre de postes par quai de la salle de traite (NbrPostes). Le temps de traite par quai est alors décrit selon l'Équation 12.

#### Équation 12 : Modélisation du temps pour traire les vaches d'un quai

$$TpsQuai = Entrée VL + (NetTrayon + Branchement) * NbrPostes + TraiteVL + SortieVL$$

L'hypothèse sous-jacente à cette équation est que le temps de traite des vaches est homogène pour tout le troupeau car il n'est pas possible d'intégrer des variations individuelles dans le modèle qui fonctionne en moyenne.

Le temps de traite effective par vache se décompose en un temps de traite fixe (TraiteVLf) quel que soit le niveau de production et un temps (TraiteVLp) liés à une production supérieure à 10 kg de lait par vache et par traite (QL). Le temps de traite effective par vaches s'écrit alors (Équation 13) :

#### Équation 13 : Temps de traite effective : du branchement jusqu'au décrochage de la vache

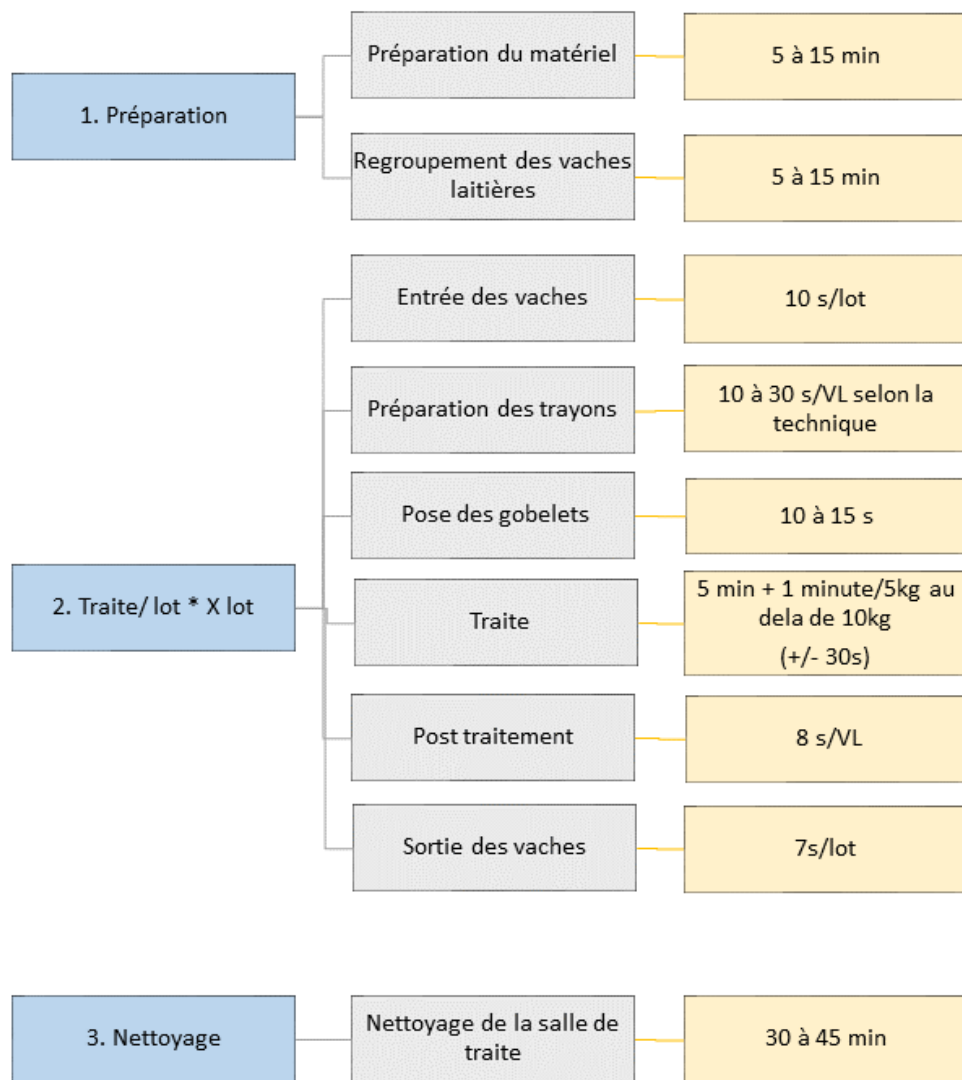
$$TraiteVL = TraiteVLf + TraiteVL * QL$$

Par hypothèse, la traite des deux quais est considérée comme simultanée et constitue ce que nous appelons « un lot » (Figure 16). Le temps de traite total (TraiteTotale) est alors fonction du nombre de lot traits (NbrLot). Les temps de déplacement entre chaque acte élémentaire sont exprimés sous la forme d'un pourcentage (TpsDepl). J'ai fait le choix d'attribuer un coefficient de 25% aux temps de déplacement. Ce coefficient est obtenu par comparaison entre TraiteTotale retiré du coefficient TpsDepl (Équation 14) et un temps de traite théorique. Le temps de traite théorique est trouvé en prenant 53% (part de la traite dans ACTEL) du temps de référence (3200 heures de travail d'astreinte).

Le temps de nettoyage de la salle de traite (TpsNet) constitue la dernière partie de la traite. A partir des équations Équation 11, Équation 12 Équation 13, le temps de traite total est (Équation 14) :

#### Équation 14 : Modélisation du temps de traite total

$$TraiteTotale = (TpsPrep + TpsQuai * NbrLot + TpsNet) * (1 + TpsDepl)$$



**Figure 17 : Décomposition de la traite et temps associés (en collaboration avec J.L. Poulet)**



La Figure 17 reprend la décomposition de la traite en actes élémentaires et les temps associés, élaborée avec l'aide de Jean-Louis Poulet (Institut de l'Élevage) mais aussi par des références bibliographiques (Billon et al., 1998 ; Menard et al., 1998). J'ai choisi de prendre le temps moyen pour les actes élémentaires qui étaient proposés avec une fourchette de temps.

### 1.2.2.3 Le vêlage

Le travail lié aux vêlages représente le temps passé par l'éleveur auprès de ses vaches lors des mises bas. Ce travail est fonction de la fréquence (freqCN) de conditions de vêlage associée à chaque score de condition de naissance (CN).

Les conditions de naissance d'un veau sont caractérisées par une note de 1 à 5 attribuée par l'éleveur au moment de la déclaration de naissance du veau. La note 1 correspond aux vêlages sans aide, 2 aux vêlages avec aide facile, 3 aux vêlages avec aide difficile, 4 aux césariennes et 5 à l'embryotomie. Etant donné leur faible proportion, les scores 3, 4 et 5 sont regroupés (idele et INRA, 2015).

Les fréquences de condition de naissance ne sont pas les mêmes s'il s'agit de primipares ou de multipares. L'effectif par catégorie doit donc être distingué (Effectif). Un temps de travail est associé à chaque score de condition de naissance (TravailScCN). L'Équation 15 retranscrit le temps de travail lié aux vêlages (Temps travail CN) :

**Équation 15 : Temps de travail lié aux conditions de naissance**

$$\text{Temps travail CN} = \sum_{(i,j)} \text{freqCN}_{i,j} * \text{Effectif}_i * \text{TravailScCN}_j$$

Le temps associé aux conditions de naissance de score 4 ne correspond pas uniquement à l'acte de césarienne en lui-même mais au temps supplémentaire qu'engendre un vêlage par césarienne par rapport à un vêlage sans intervention de l'éleveur. Ce temps supplémentaire comprend la constatation du problème de vêlage, l'appel et l'aide du vétérinaire ainsi que les soins à la vache après l'intervention. Un expert a indiqué un temps de 3 heures pour les conditions de naissances de score 4 (Jean Devun, communication personnelle). Nous avons ensuite estimé que les temps pour les scores 3 et 2 correspondent respectivement à ½ et ¼ du temps pour le score 4. Le score 1 a un temps de travail nul puisqu'il ne nécessite pas d'intervention particulière et constitue la base pour évaluer le temps supplémentaire lié aux conditions de naissance de score 4.

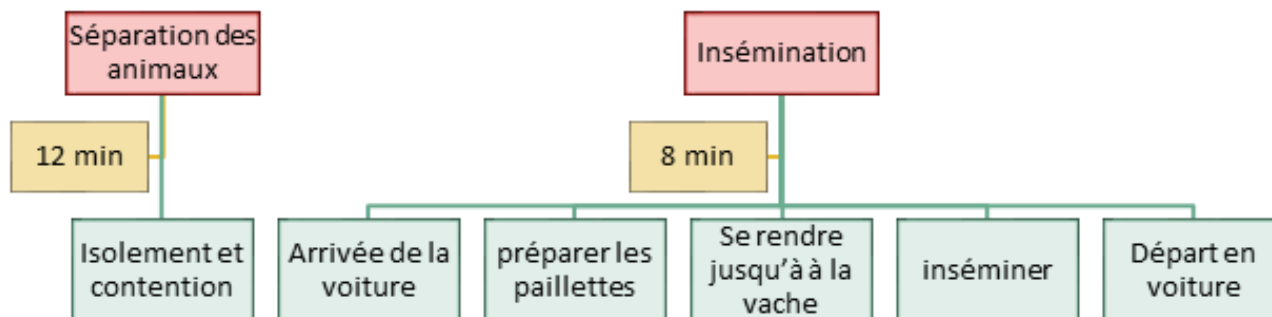


Figure 18 : Désagrégation du travail lié à l'insémination des vaches et génisses

Tableau 2 : Comparaison des temps de travail modélisés dans OSIRIS et les temps de références issus d'ACTEL pour un système du type BL46

	Désagrégation obtenue par le modèle		Désagrégation ACTEL sur la base de 3200 h TAcB		Comparaison : Modèle/ACTEL
	Heure	%	Heure	%	%
Conduite du troupeau	1383	<b>47</b>	1472	<b>46</b>	87
Traite	1483	<b>51</b>	1696	<b>53</b>	94
Insémination	37	1,3			
Vêlage	15	0,5			
<b>TOTAL</b>	<b>2918</b>		<b>3200</b>		<b>91</b>

#### 1.2.2.4 Insémination

Le travail associé à la reproduction correspond au temps passé par l'éleveur pour chaque insémination, c'est-à-dire pour isoler les vaches et les inséminer (Figure 18). Plusieurs conventions ont été retenues pour modéliser sous forme d'équation le travail lié à la l'insémination :

- l'éleveur est présent avec l'inséminateur lorsque celui-ci intervient sur l'élevage
- une seule vache est inséminée à chaque fois
- les plannings d'accouplement sont réalisés préalablement

L'équation du temps lié à la reproduction (Temps repro) comprend donc le nombre d'inséminations réalisées sur tout le troupeau (NbIA) et le temps associé à chaque insémination (tempsIA). L'Équation 16 est alors :

#### Équation 16 : Temps de travail lié aux inséminations

$$\text{Temps repro} = \text{NbIA} * \text{tempsIA}$$

Les temps associés à la tâche d'insémination ont été indiqués et confirmés par deux responsables techniques au sein de coopérative de mise en place (David Bonne, Elva Novia et Jacky Martin, ELIACOOOP, communication personnelle).

#### 1.2.2.5 La vitesse de traite

La vitesse de traite n'est pas une tâche mais un caractère dont on souhaite évaluer le poids économique. Elle n'a pas d'équation qui lui est propre, elle est intégrée dans l'équation modélisant la traite et plus particulièrement le temps de traite effective (Équation 13). Une petite variation de la variable TraiteVL permet de calculer le gain de temps annuel associé à cette petite variation et ainsi de calculer le poids économique de la vitesse de traite.

### 1.3 Temps de travail de référence et temps de travail modélisés

La désagrégation du travail en tâches et leurs mises sous forme d'équations selon la méthode proposée en partie 2 permet d'intégrer le travail dans le modèle OSIRIS. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 2. Le temps de travail d'astreinte total annuel modélisé (2918 h) représente 91% du temps de référence (3200 h de travail d'astreinte).

En s'intéressant à la cohérence de la désagrégation, d'après la répartition des tâches proposée par ACTEL, la traite et la conduite du troupeau représentent respectivement 53% et 46% du travail d'astreinte total. Dans le modèle, la traite représente 51% du travail d'astreinte total et 47% pour la conduite du troupeau.

Les résultats présentés sont validés par le comité de pilotage constitué de Jean-Louis Poulet, Pierre-Emmanuel Belot et Monique Laurent (Institut de l'Élevage), Philippe Maitre (OS Montbéliarde), Sylvie Cournut (VetAgro-Sup), Régine Tendille (Chambre d'agriculture de Haute-Loire) ainsi que des encadrants du projet : Jean Guerrier, Gérard Servière et Delphine Pinard (Institut de l'Élevage). Il est alors possible de s'intéresser au poids économique des caractères.



## 1.4 Discussion et conclusion sur la modélisation du travail

L'étude du travail pour le système type BL46 passe tout d'abord par une considération globale du travail avec la méthode « Bilan Travail ». La comparaison du BL46 avec un échantillon de trois exploitations, issues de la base de donnée « Bilan Travail », proches structurellement du BL46 montre une grande différence pour la variable TAcB/pCB. Cet écart s'explique par une optimisation du BL46, cas type constituant un objectif pour les éleveurs en vue d'une dynamisation de la production laitière. Une partie peut également être due à l'amélioration de l'efficacité des travailleurs entre 2008-2009, date de réalisation des enquêtes Bilan Travail, et le BL46 publié en 2014. Par conséquent, le temps de référence retenu est intermédiaire tout en tenant compte des résultats des groupes en zone de montagne ou avec un troupeau de race Montbéliarde.

Le choix de la variable de référence (TAcB/pCB) qui concerne la main-d'œuvre rend compte du double objectif « viable et vivable » pour une exploitation. De plus, même si le bénévolat est bien présent, 91% du travail d'astreinte est effectué par la cellule de base. Seul 5% du travail d'astreinte est délégué aux bénévoles et 4% aux salariés (Fagon et Sabatté, 2010).

Le travail d'astreinte par UGB diminue lorsque la taille du troupeau augmente par l'effet « économies d'échelle ». Il en est de même pour le travail d'astreinte rapporté à 1000 L, traduisant souvent un système fourrager avec une très forte proportion de maïs (Fagon et Sabatté, 2010). Le temps de référence utilisé pour la modélisation est donc relié à un système du type BL46 (montagne, herbager avec moins de 100 vaches) et ne peut être transposé à tous les systèmes. L'effet race est tout à fait discutable, il n'est d'ailleurs pas pris en compte dans l'étude des enquêtes Bilan Travail (Fagon et Sabatté, 2010). Finalement, seules les variables en lien avec les performances animales, comme le temps de traite effective par vache, peut fluctuer selon la race observée (J.J. Colleau, 1971). Les variables en lien avec l'acte humain, comme le nettoyage des trayons, ne sont pas influencées par la race mais plus par le matériel utilisé (Menard et al., 1998) et plus largement le système dans lequel s'inscrit l'exploitation.

La désagrégation du travail est proposée en quatre tâches dans le modèle. Certaines comme la traite ou la conduite de troupeau sont issues d'ACTEL ; d'autres comme l'insémination et les vêlages sont identifiés séparément (dans ACTEL, elles sont regroupées avec d'autres éléments pour former une tâche plus globale).

Pour transposer le travail sous forme d'équation, la conduite du troupeau est modélisée sur la base de coefficients UGB attribués à chaque catégorie d'âge afin de prendre en compte le travail de conduite sur les vaches laitières et leurs suites. Les résultats obtenus par modélisation montrent un travail de conduite du troupeau (1380 h) relativement proche du résultat ACTEL (1470 h).

Pour la traite nous considérons que les vaches sur les deux quais sont traitées simultanément, même si la traite s'effectue avec un léger décalage. Il peut être considéré qu'en attendant le décrochage du premier groupe, l'éleveur commence la préparation du deuxième groupe d'où la nécessité de ne pas compter deux fois des actes superposés. Notre modélisation aboutit à un temps de 2 heures et 2 minutes pour une traite. Ce résultat est tout à fait cohérent avec la réalité du terrain pour une salle de traite 2X5 postes et un troupeau de 60 vaches laitières.

Le temps passé à l'assistance aux vêlages est faible en bovin laitier, contrairement à ce que l'on pourrait avoir avec des bovins allaitants. Nous avons donc maintenu cette variable, facile à modéliser, dans la perspective d'une application à d'autres filières de la modélisation.



Pour l'insémination, il est convenu qu'une seule vache ou génisse est concernée à la fois, alors que dans la réalité, deux femelles peuvent être en chaleur en même temps. D'autres techniques de reproduction ne sont également pas prises en compte, comme la transplantation embryonnaire ou les échographies.

Des tâches en lien avec les mammites ou d'autres paramètres de santé aurait pu être étudiées en tant que tel. Il est apparu présomptueux de vouloir désagréger davantage les tâches pour lesquelles les opérations sont souvent simultanées, même si comme le montre (Groen et al., 1997), il est possible de considérer les coûts de travail en lien avec les caractères de santé. Enfin, la considération du travail de saison pourrait également être étudiée par la suite pour affiner les coûts de production des fourrages.

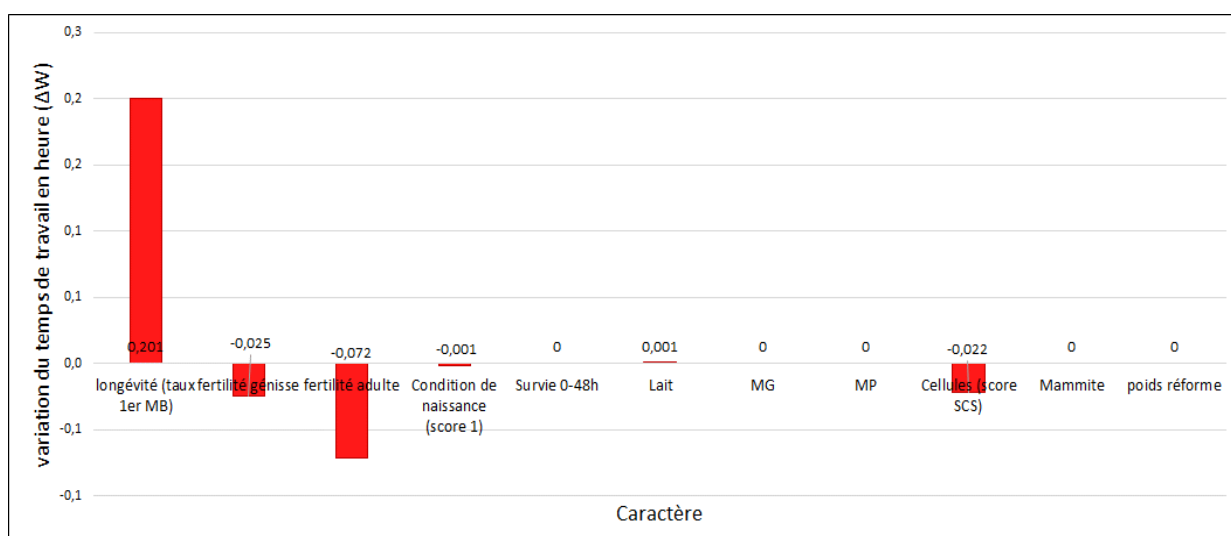
La modélisation générale retranscrit 91% du temps de référence. Elle donne un temps inférieur à la référence qui s'explique par une modélisation optimisée du travail. Le comité de pilotage a validé ces résultats, permettant alors de s'intéresser à l'impact du travail sur les pondérations économiques du travail et ses conséquences sur les indices de synthèse.

**Tableau 3 : Pondérations économiques des caractères pour un système du type BL46**

Pondération économique (€/unité physique) pour un système type BL46												
	Vitesse de traite	Longévité	Fertilité Génisse	Fertilité vache	Condition de naissance	Survie 0-48 h	Vect lait	MG	MP	SCS	Mammites	Poids de réforme
Variation du caractère	- 1 min /vache	+ 1 an	+ 1%	+ 1%	- 1 point de score	+ 1%	+ 1kg	+ 1kg	+ 1kg	- 1 point score	- 1%	+ 1kg poids vif
Avant ajout du travail		128	1,13	3,61	205	1,69	0,05	1,68	3,51	121	1,24	0,02
Après ajout du travail	987	136	1,11	4,18	182	1,71	0,05	1,73	3,81	125	1,01	0,09

**Tableau 4 : Variation du travail (en heure/femelle) dans le modèle entre le cas de base et suite à la variation d'un caractère**

	Variation travail vêlages	Variation travail insémination	Variation travail traite	Variation travail conduite troupeau	Variation travail total	Coût associé à la variation de travail
longévité (taux 1er MB)	0,001	-0,001	-0,013	0,212	0,201	2,208
fertilité génisse	0	-0,003	0	-0,022	-0,025	-0,271
fertilité vache	0	-0,007	0	-0,064	-0,072	-0,787
Condition de naissance (score 1)	-0,001	0	0	0	-0,001	-0,016
Survie 0-48h	0	0	0	0	0	0,000
Lait	0	0	0,001	0	0,001	0,013
MG	0	0	0	0	0	0
MP	0	0	0	0	0	0
Cellules (score SCS)	0	0	0,001	-0,023	-0,022	-0,246
Mammite	0	0	0	0	0	0
poids réforme	0	0	0	0	0	0
Vitesse de traite	0	0	-1,293	0	-1,293	-14,233



**Figure 19 : Variation du travail annuel par femelle entre le cas de base et cas où le caractère varie pour chaque caractère**



## 2 Impact du travail sur les pondérations économiques des caractères, les indices de synthèse et les réponses à la sélection

Le travail d'astreinte est caractérisé dans le modèle OSIRIS par quatre tâches. Il constitue de plus, un coût supplémentaire pour l'élevage puisque qu'aucun travail n'était pris en compte dans OSIRIS jusqu'à maintenant. Cette partie propose donc d'étudier l'impact de l'ajout du travail sur l'évolution des pondérations économiques dans un premier temps puis les indices de synthèse.

### 2.1 Pondérations économiques des caractères évalués

Le modèle OSIRIS détermine les pondérations économiques des caractères. Celles-ci définissent l'objectif économique de sélection. Les poids économiques des caractères, exprimés en euro par unité de variation du caractère, sont détaillés dans le Tableau 3. Globalement, les pondérations de tous les caractères sont impactées par l'ajout du travail. Cependant, les origines de ces variations sont multiples.

Le Tableau 4 présente les variations de travail par femelle pour chaque caractère et pour chaque tâche, la variation totale (colonne orange du tableau) est représentée dans la Figure 19. Une variation négative correspond à une diminution du travail suite à la variation du caractère alors qu'une variation positive correspond à une augmentation du travail. Seuls les caractères longévité, fertilité génisse et vache, condition de naissance, lait, score cellulaire et vitesse de traite impactent le travail total suite à leur variation (Tableau 4).

Le détail des coûts, recettes et bénéfices associés à la variation de chaque caractère, et pour les modélisations avec et sans travail, est présenté en Annexe 9 et Annexe 10. La comparaison des coûts marginaux avec et sans la prise en compte du travail dans OSIRIS ( $\Delta C_W - \Delta C_{SW}$ , Équation 17, Figure 20) montre que la différence est expliquée par une variation du temps de travail ( $\Delta W$ , Équation 17, Figure 19). En effet, les coûts marginaux des caractères non liés au travail vont être identiques pour les deux modélisations. Seuls les coûts marginaux des caractères liés au travail dans la modélisation avec travail viennent apporter une différence de coûts marginaux totaux entre les deux modèles.

Sur le même principe, les recettes marginales associées à la fluctuation d'un caractère sont identiques pour les modélisations avec et sans travail puisque le travail représente uniquement une charge. Ainsi, la différence de bénéfices marginaux associés à la variation d'un caractère entre les modélisations avec et sans travail ( $\Delta B_W - \Delta B_{SW}$ , Figure 21) correspond à la fluctuation du temps de travail ( $\Delta W$ ), convertie en coûts, suite à la variation de ce caractère (Équation 17).

**Équation 17 : égalité de variation des coûts marginaux, des bénéfices marginaux et de la variation de travail suite à l'évolution d'un caractère entre les modèles avec et sans travail d'OSIRIS**

$$\Delta B_W - \Delta B_{SW} = -\Delta C_W + \Delta C_{SW} = -\Delta W * CtW$$

Avec  $\Delta B_W$  et  $\Delta B_{SW}$  les bénéfices marginaux respectivement avec l'ajout du travail et sans l'ajout du travail,  $\Delta C_W$  et  $\Delta C_{SW}$  les coûts marginaux respectivement après et avant l'ajout du travail,  $\Delta W$  la variation du travail suite à l'évolution du caractère considéré et  $CtW$  le coût horaire du travail sur la base de 1,5 SMIC.

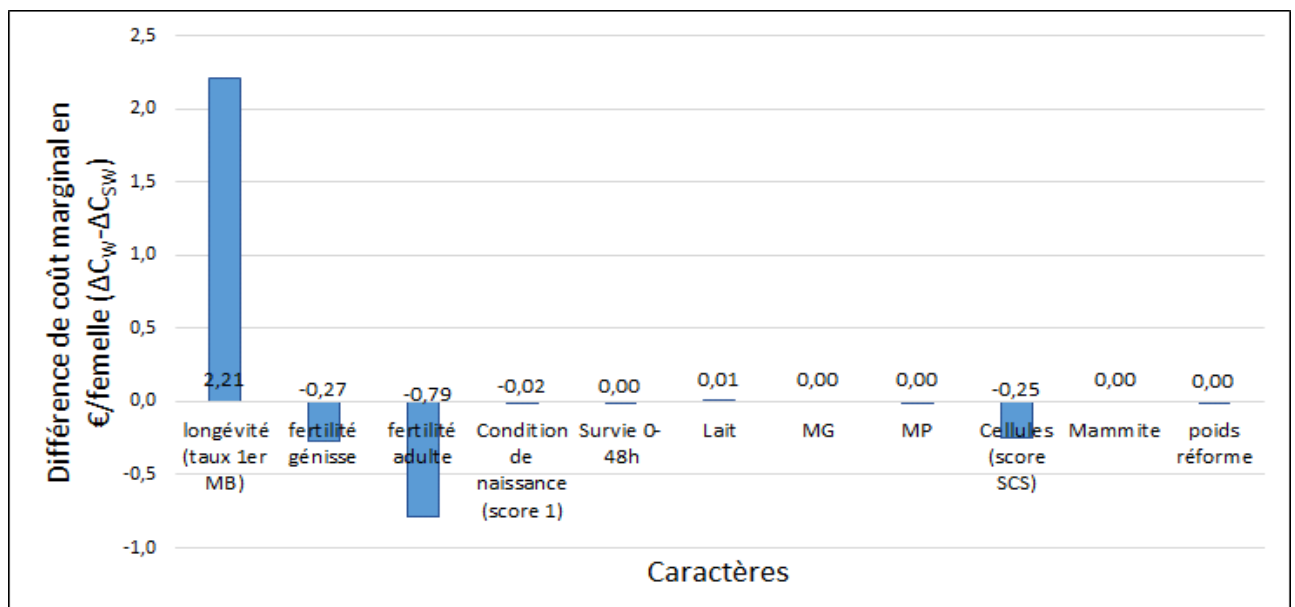


Figure 20 : Différence de coûts marginaux par femelle entre les modélisations avec et sans travail pour chaque caractère

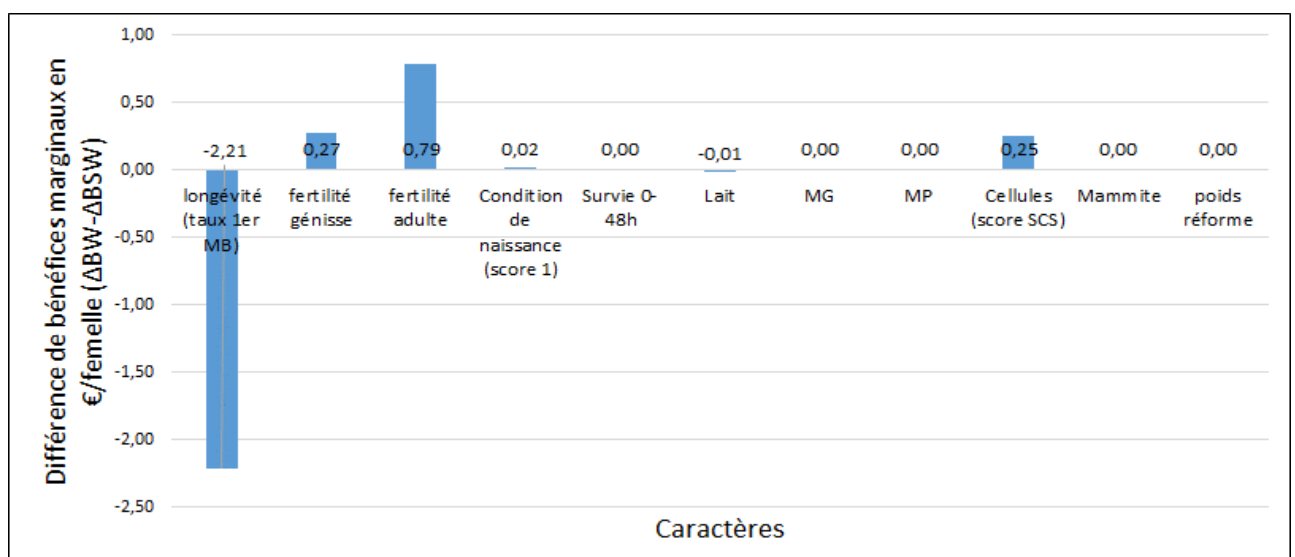


Figure 21 : Différence de bénéfices marginaux entre les modélisations avec et sans travail pour chaque caractère

Il pourrait alors être pensé *a priori* que les caractères engendrant une diminution de travail donc une augmentation de leurs bénéfices marginaux par rapport au cas sans le travail verraient leurs pondérations économiques augmenter suite à l'ajout du travail dans le modèle, et inversement pour les caractères engendrant une augmentation de travail. Cependant, certains caractères ayant une influence sur le travail ne varient pas dans le sens escompté. Par exemple, la pondération économique de la fertilité génisse diminue de 0,02€/‰ suite à l'ajout du travail (Tableau 3) alors qu'une amélioration de 1% sur la fertilité génisse entraîne un gain de 16 min par vache et par an (Tableau 4). L'étude de  $f_i$  (renvoie partie 2, 3.4) permet de révéler un effet « seuil ». En détaillant  $f_i$  et par simplification avec l'Équation 17,  $f_i$  devient alors (Équation 18) :

**Équation 18 : Développement de la fonction  $f_i$  (différence de pondération économique entre les modèles avec et sans travail)**

$$f_i(\Delta W) = \frac{1}{\theta_i} \left[ \left( \frac{B_{0SW}}{C_{0SW}} - \frac{B_{0W}}{C_{0W}} \right) \Delta C_{SWi} - \left( 1 + \frac{B_{0W}}{C_{0W}} \right) \Delta W_i \right]$$

Avec  $\theta_i$  la variation du caractère  $i$  considéré,  $B_{0SW}$  les bénéfices réalisés dans le cas de base sans le travail,  $B_{0W}$  les bénéfices réalisés dans le cas de base avec le travail,  $C_{0SW}$  les coûts dans le cas de base sans le travail,  $C_{0W}$  les coûts dans le cas de base avec le travail et le coût marginal du caractère,  $\Delta C_{SWi}$  les coûts marginaux associés au caractère  $i$ ,  $\Delta W_i$  la variation du travail suite à l'évolution du caractère considéré et  $CtW$  le coût horaire du travail.

En représentant graphiquement la fonction  $f_i$ , avec les exemples de la fertilité génisse et la fertilité vache (courbes jaunes et bleues, Figure 22), une zone d'effet seuil (en grisée) se distingue. Dans cette zone, la pondération économique du caractère n'évolue pas dans le sens escompté puisqu'elle diminue tout comme  $\Delta W$ . Ceci explique pourquoi la pondération économique de la fertilité génisse (carré orange, Figure 22) diminue et celle de la fertilité vache (carré vert, Figure 22) augmente alors que les deux caractères engendrent une diminution du travail (Figure 19). Ce phénomène est dû à une diminution du temps de travail permis par la variation du caractère qui ne compense pas l'augmentation des coûts du cas de base de 535 €/femelle suite à l'intégration du travail (Annexe 9). Sur cette base, il est possible de distinguer les caractères amenant à une diminution de travail et dont les pondérations économiques augmentent (en vert dans le Tableau 3), de ceux causant également une diminution de travail mais dont les pondérations économiques diminuent (en orange dans le Tableau 3).

De plus, même les caractères qui ne sont pas liés au travail voient leur pondération économique varier. Dans le cas où le caractère n'engendre pas de variation du temps de travail suite à son évolution (survie O-48h, MG, MP, Mammite, poids de réforme, Tableau 4), l'Équation 17 devient alors (Équation 19) :

**Équation 19 : Egalité des bénéfices et coûts marginaux entre les modélisations avec et sans travail pour un caractère n'entraînant pas de variation de travail**

$$\Delta B_{iSW} = \Delta B_{iW} ; \Delta C_{iSW} = \Delta C_{iW}$$

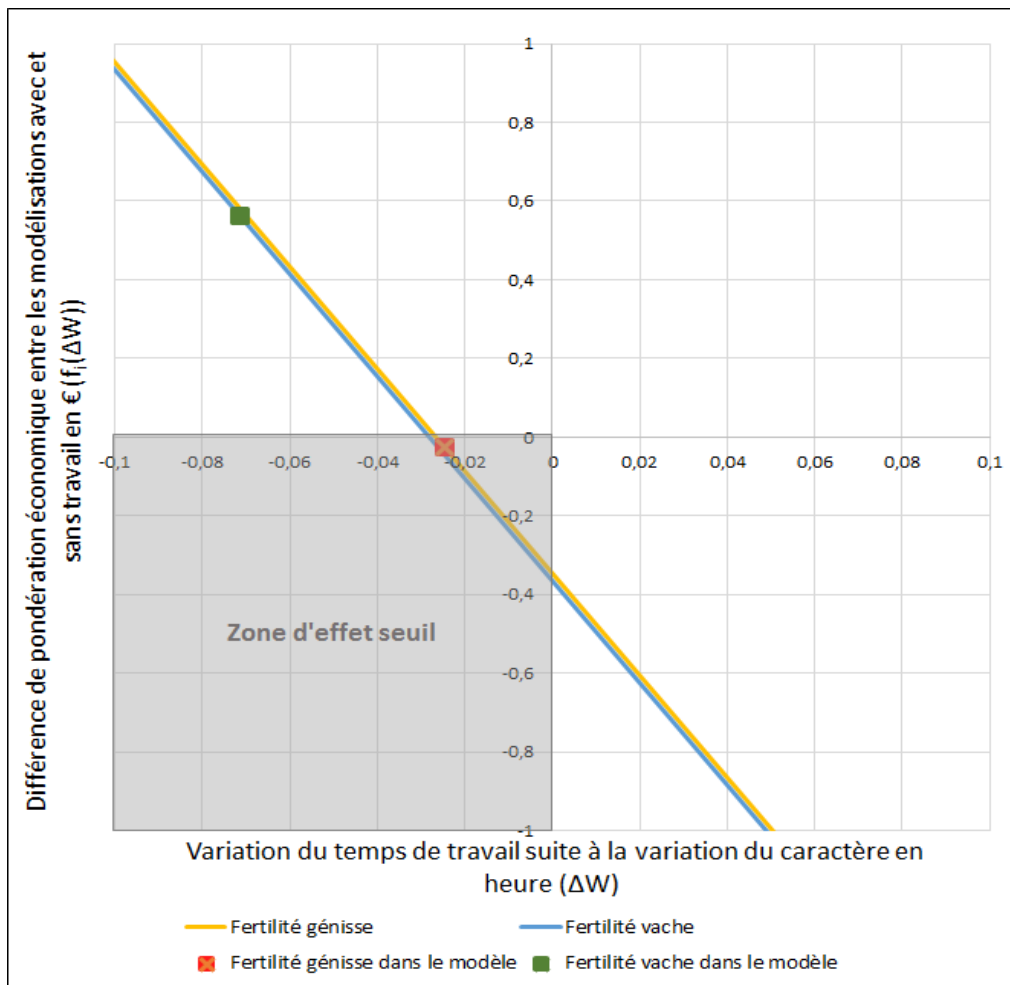


Figure 22 : Représentation de  $f_i$  (Équation 18) pour les caractères fertilité génisse et vache en fonction de la variation de travail associé aux caractères

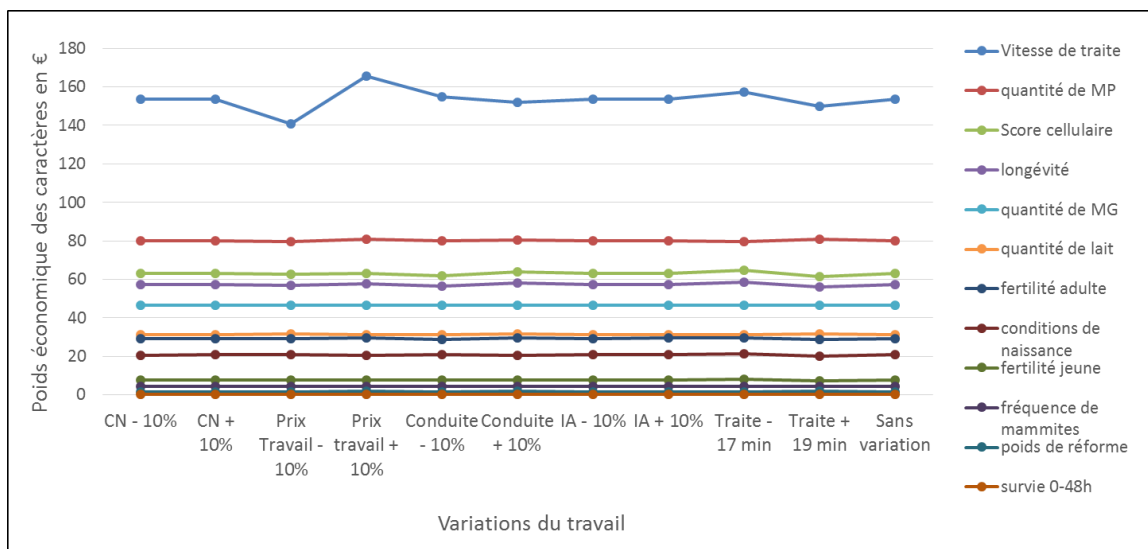


Figure 23 : Poids économiques des caractères pour différentes variation du travail

Seuls les coûts et bénéfices du cas de base fluctuent suite à l'ajout du travail. En effet, Les coûts totaux du cas de base avec travail sont supérieurs de 535€ par rapport aux coûts du cas de base sans travail, à l'origine d'une diminution des bénéfices de 535€ du cas de base avec travail par rapport au cas de base sans travail. Par simplification de l'Équation 18 avec les égalités l'Équation 19,  $f_i$  devient (Équation 20) :

**Équation 20 : fonction  $f_i$  pour un caractère n'entraînant pas de variation de travail**

$$f_i = \left( \frac{B_{0SW}}{C_{0SW}} - \frac{B_{0W}}{C_{0W}} \right) * \frac{\Delta C_i}{\theta_i}$$

Avec  $\theta_i$  la variation du caractère  $i$  considéré, les  $B_{0SW}$  bénéfices réalisés dans le cas de base sans le travail,  $B_{0W}$  les bénéfices réalisés dans le cas de base avec le travail,  $C_{0SW}$  les charges dans le cas de base sans le travail,  $C_{0W}$  les charges dans le cas de base avec le travail et  $\Delta C_i$  les coûts marginaux associés au caractère  $i$  (qui est identique avant et après ajout du travail).

$$\text{Or } \left( \frac{B_{0SW}}{C_{0SW}} - \frac{B_{0W}}{C_{0W}} \right) > 0$$

Ainsi, le sens de variation de la pondération économique des caractères, entre avant et après l'ajout du travail, pour les caractères qui n'ont pas d'impact sur le travail, dépend uniquement du signe de  $\Delta C_i$  (résultats en violet dans le Tableau 3). Cela signifie qu'un caractère, non lié au travail, dont les coûts marginaux sont négatifs, c'est-à-dire un caractère favorisant une diminution des coûts, verra sa pondération économique diminuer entre le modèle OSIRIS avant ajout du travail par rapport au modèle après ajout du travail.

## 2.2 Test de robustesse

Les tests de robustesse présentés dans la partie 2 permettent de s'assurer que le modèle n'est pas trop sensible à des variations de temps de travail ou à une variation du prix du travail, notamment qu'il n'y a pas de nouvelle hiérarchisation des caractères. Concernant la traite, les temps décrivant certains actes élémentaires sont représentés par un intervalle de temps dont j'ai pris la moyenne (Figure 17). Les tests de robustesse s'effectuent dans un premier temps en prenant toutes les fourchettes basses engendrant une diminution du temps de traite de 17 minutes puis en tenant compte uniquement des fourchettes hautes, entraînant une augmentation du temps de traite de 19 minutes.

La Figure 23 expose les pondérations économiques des caractères suites à différentes variations de travail. Les variations observées sont, pour la plupart, de l'ordre de 1% suite à une variation du travail. Le caractère « poids des réformes » varie de  $\pm 6\%$  et de  $\pm 7\%$  suite aux variations respectivement du prix du travail et du temps de traite, vraisemblablement dues à un poids économique faible plus sensible à des variations de coûts.

La vitesse de traite est le caractère soumis aux plus fortes variations ( $\pm 8\%$  suite à une fluctuation de  $\pm 10\%$  du prix du travail) car le bénéfice marginal dépend uniquement du travail et donc de sa rémunération.

Toutefois, l'ensemble des variations observées n'engendrent pas de réorganisation de la hiérarchie des caractères. L'ajout du travail dans le modèle OSIRIS existant a donc conservé la robustesse de la modélisation.

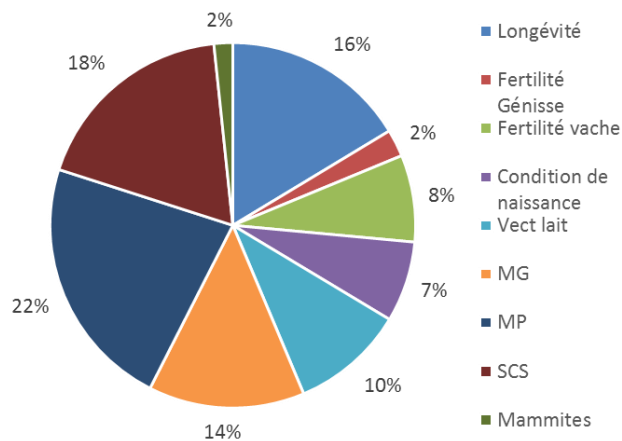


Figure 24 : Représentation de l'objectif économique avant ajout du travail

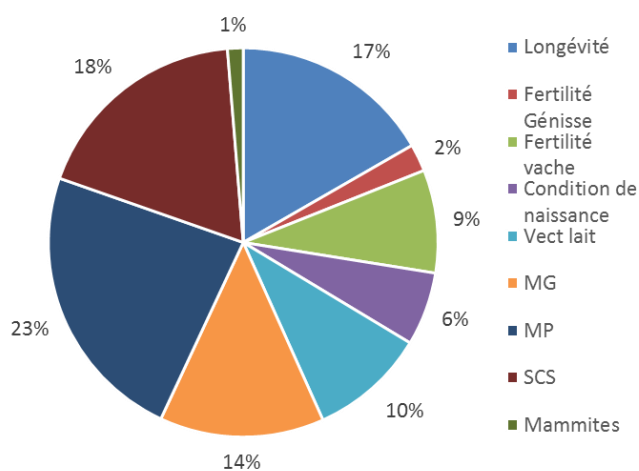


Figure 25 : Représentation de l'objectif économique après ajout du travail sans prise en compte du caractère vitesse de traite

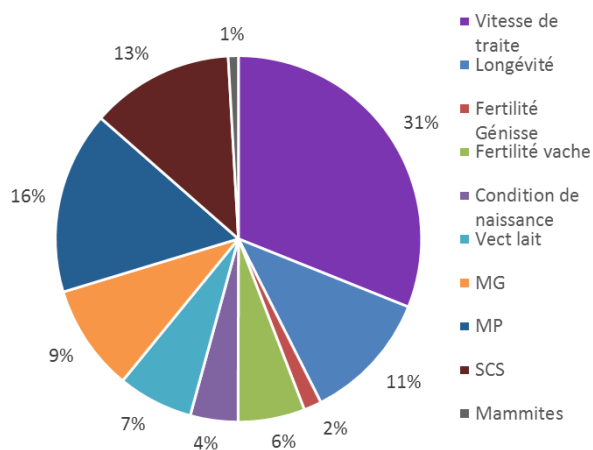


Figure 26 : Représentation de l'objectif économique après ajout du travail avec prise en compte du caractère vitesse de traite

## 2.3 Hiérarchisation des caractères

Les pondérations économiques des caractères exprimés en € par unité de variation du caractère montrent l'importance économique d'améliorer les caractères. Pour comparer les caractères entre eux, il est nécessaire de les exprimer dans la même unité (en €) en les standardisant par les écarts-types phénotypiques des caractères.

L'écart-type de la vitesse de traite est déterminé par le biais d'une loi normale de moyenne TraiteVL et dont 90% des individus sont compris dans une variation de  $\pm 30$  secondes autour de cette moyenne (Jean-Louis Poulet, communication personnelle). En repassant par une loi normale centrée réduite, l'écart-type phénotypique trouvé est de 18 secondes. Or, l'héritabilité de la vitesse de traite est de 0,27 (idele et INRA, 2015). L'écart-type génétique du caractère est alors d'environ 9 secondes (Équation 9).

Il est possible de représenter graphiquement ces résultats (Figure 24, Figure 25, Figure 26). Hormis la vitesse de traite, il y a peu de différence (1% maximum) en termes de pourcentage entre les caractères avant et après l'ajout du travail (Figure 24 et Figure 25). La prise en compte de la vitesse de traite à un impact fort, elle devient le caractère prépondérant (31%) engendrant une diminution de la part des autres caractères (Figure 26).

## 2.4 Réponses à la sélection et indices de synthèses

Suite à la détermination des pondérations économiques des caractères, il est possible de définir les indices de synthèse représentatifs d'un système type BL46 (ISU\_SW, ISU\_AW, ISU\_AW\_VTR) ainsi que les réponses à la sélection avec une intensité de sélection de 5%. L'ISU 2012 permet de situer les réponses même si des contraintes techniques lui ont été appliquées lors de sa constitution en 2012 alors que seul l'aspect économique est pris en compte pour nos simulations.

Les réponses à la sélection pour les caractères TB, Longévité, fertilité vache, mammites et cellules sont meilleures pour les différents ISU du système BL46 par rapport à l'ISU 2012 alors qu'elles sont moins bonnes pour la morphologie et même divisées par deux pour le TP (Figure 27). Ceci s'explique par un choix de l'OS d'appliquer des contraintes sur ces deux caractères afin d'avoir un niveau de réponse plus important.

Il y a peu de différence de réponses entre l'ISU\_SW et l'ISU\_AW (Figure 27, Figure 28, Figure 29). Par contre, la prise en compte du poids économique de la vitesse de traite dans le calcul des pondérations de l'indice de synthèse (ISU\_AW\_VTR) engendre des réponses à la sélection nettement supérieures sur le caractère vitesse de traite (+0,3 écart-type) par rapport à l'ISU\_SW. La réponse sur le caractère intervalle vêlage-première insémination n'est plus négative mais les réponses sur le lait, les mammites, les cellules et la morphologie sont moins bonnes que pour l'ISU\_SW (-0,1 écart-type pour les trois index). Toutefois, les réponses sur les caractères mammites et cellules sont proches de l'ISU 2012.

Les pondérations des indices de synthèse sont décrites dans le Tableau 5. Les principaux changements sont observés sur la morphologie dont le poids diminue fortement car il n'y a pas de contraintes appliquées. Le poids de la vitesse de traite, 28% suite à la prise en compte de sa pondération économique (ISU\_AW\_VTR), augmente également. Ceci explique des réponses à la sélection meilleures même si elles sont limitées par les corrélations entre les caractères. D'autres caractères varient comme la fertilité génisse et les mammites qui diminuent respectivement de 12% et 5% entre l'ISU\_SW et l'ISU\_AW\_VTR. Le TP augmente quant à lui de 6% entre l'ISU\_SW et l'ISU\_AW\_VTR. Ces variations dans le poids des index élémentaires peuvent s'expliquer par un jeu de corrélation entre les index qui entraînent un niveau de réponse modéré même si le poids est élevé.

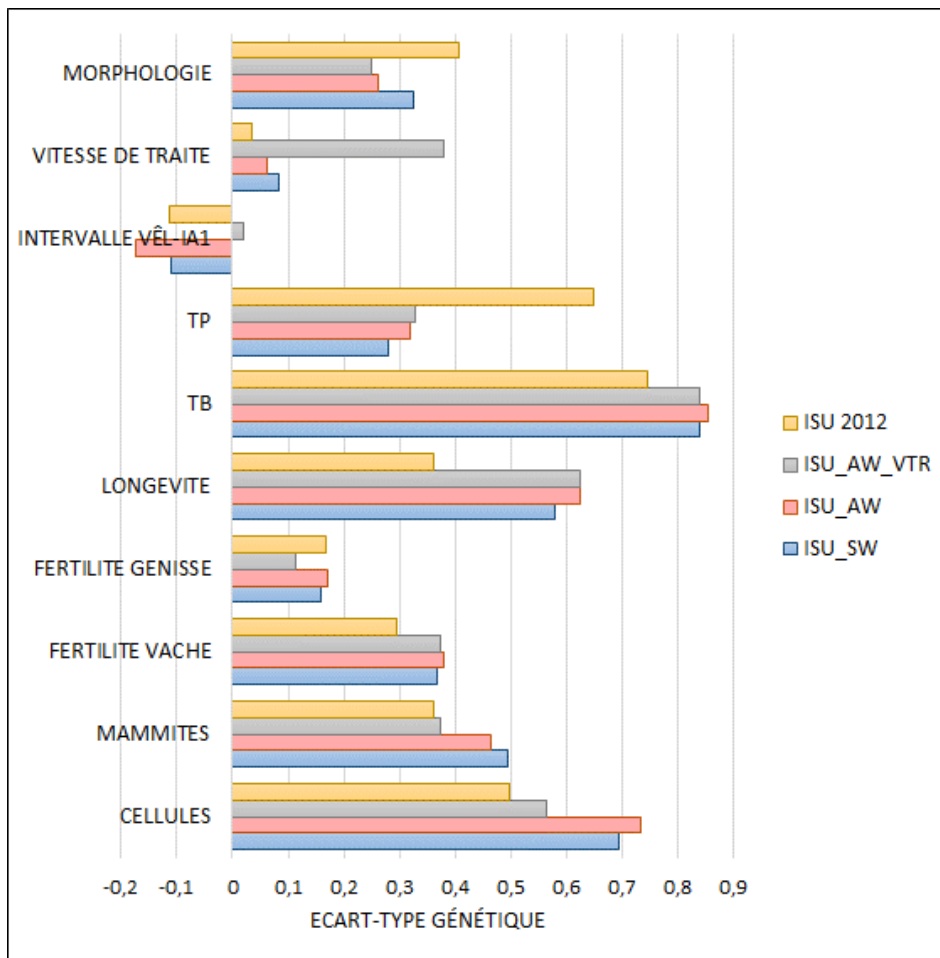


Figure 27 : Réponses à la sélection de l'ISU 2012 et pour les différents modèles du système BL46

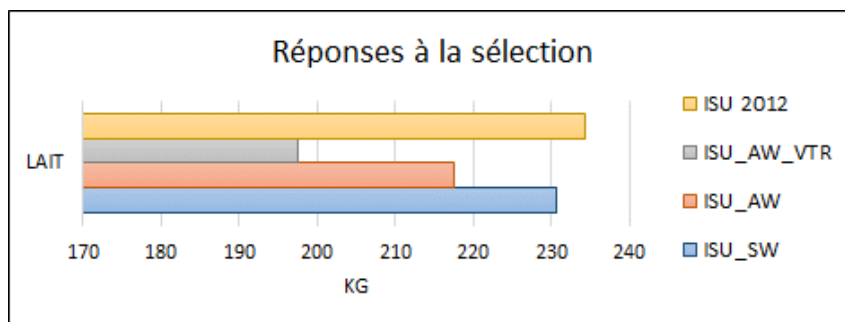


Figure 28 : Réponses à la sélection pour le caractère lait de l'ISU 2012 et du système BL46 avant et après ajout du travail

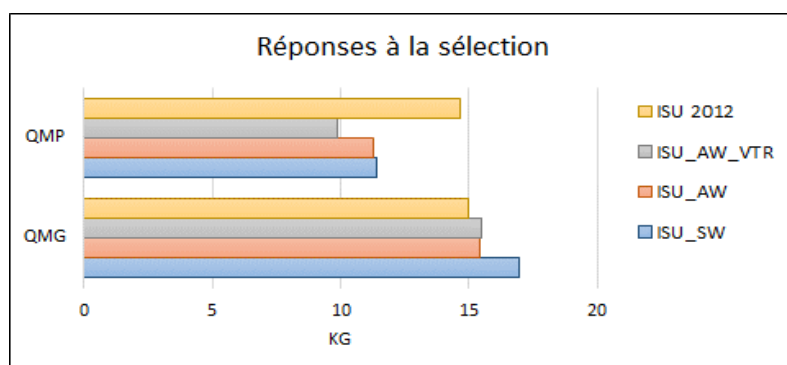


Figure 29 : Réponses à la sélection pour les caractères QMG et QMP de l'ISU 2012 et du système BL46 avant et après ajout du travail



## 2.5 Conclusion et discussion : impact du travail sur les pondérations économique des caractères, les réponses à la sélection et les indices de synthèses

L'ajout du travail dans le modèle OSIRIS n'engendre pas d'évolution majeure des pondérations des caractères ni de l'objectif de sélection. La nouveauté est **l'attribution d'un poids économique à la vitesse de traite**, relativement conséquent, qui la place en première position de l'objectif de sélection.

Cependant, ce résultat peut être sujet à discussion. La diminution du temps de traite n'est pas perçue de la même manière par l'éleveur que l'amélioration de la fertilité de ses vaches qui elle réduit les charges et augmente la production. L'équilibre entre moins de travail et plus de résultat économique dépend de chaque éleveur. En revanche, le constat n'est pas le même dans le cas de main-d'œuvre salariale où l'efficacité est importante, d'autant plus que la part de main-d'œuvre salariale dans les exploitations augmentent (Madelrieux et al., 2010).

Les tests de robustesse montrent un modèle relativement solide face à d'éventuelles variations du temps de travail et du prix du travail. Ce constat est également fait pour la vitesse de traite qui varie de façon plus importante que les autres caractères suite à une évolution du prix du travail en raison de sa forte dépendance à ce paramètre. Les variations n'engendrent cependant pas de réorganisation de la hiérarchie des pondérations économiques des caractères.

Hormis la vitesse de traite, les réponses à la sélection sont similaires avant et après ajout du travail d'astreinte.

L'ajout de la pondération économique de la vitesse de traite pour le calcul de l'indice de synthèse permet une meilleure réponse à la sélection sur ce caractère. Même si la réponse à la sélection pour la vitesse de traite est meilleure, il pourrait être attendu une réponse à la sélection encore plus élevée ou parmi les plus importantes, au vu de la pondération économique du caractère vitesse de traite. Cependant les pondérations économiques ne prennent pas en compte les corrélations entre les caractères. Les corrélations (idele et INRA, 2015) négatives entre la vitesse de traite et les cellules, mammites, tendent donc à diminuer la réponse faite sur la vitesse de traite et dans une moindre mesure pour les caractères mammites et cellules.

La pondération de l'indice de synthèse accordée au caractère mammite est assez faible, sa réponse est principalement assurée par ses corrélations positives avec d'autres comme la longévité. Evaluer le temps de travail spécifique à ce problème sanitaire majeur pour les éleveurs laitiers permettrait de lui accorder une pondération économique plus importante. Cependant, le manque de données chiffrées quant au travail associé au soin des mammites et l'imbrication avec d'autres tâches comme la traite rendent la distinction de cette tâche délicate.

Rappelons que l'ajout de nouveaux caractères dans les programmes de sélection entraîne mécaniquement une diminution des pondérations des caractères historiques dans les indices de synthèses.

**Tableau 5 : Pondération indices de synthèse pour l'ISU 212 et les différentes modélisations du BL46**

Pondérations des indices de synthèses (%)												
Caractère	QMG	QMP	Cellules	Mammite	Fertilité Vache	Fertilité Génissée	Longévité	TB	TP	Intervalle Vêlage-IA1	Vitesse de traite	Morphologie
ISU_SW	1,35	1,33	17,75	15,16	16,30	7,57	16,63	0,72	0,50	5,30	8,00	9,40
ISU_AW	0,89	1,81	23,68	6,90	14,74	8,83	24,82	3,49	0,94	2,23	6,69	4,97
ISU_AW_VTR	1,11	0,72	13,84	2,87	15,59	2,50	18,36	0,17	6,59	6,52	28,09	3,64
ISU 2012	0,29	2,95	13,67	9,12	14,15	7,07	7,86	1,47	8,84	7,07	7,86	19,65

Les indices de synthèses présentés dans cette partie (hormis l'ISU) sont construits à partir des pondérations économiques d'un seul système. Il faudrait compléter l'étude avec d'autres systèmes représentatifs de la race Montbéliarde pour étudier l'impact de l'ajout du travail au niveau racial. De plus, les orientations de la race sont à prendre en compte avant une mise en production d'un nouvel ISU intégrant la notion de travail.

L'installation d'un robot de traite réduit le travail d'astreinte total par une diminution importante du temps de traite, tâche principale du travail d'astreinte. Au contraire, le temps de surveillance augmente ce qui modifie la répartition des tâches. Le poids économique des caractères, en particulier la vitesse de traite, pourraient alors être soumis à de plus fortes variations entre systèmes. Les réponses à la sélection pourraient alors être variables d'un système à l'autre et donc serai un point fort de discussion au sein de la race sur l'avenir probable des systèmes d'élevage de la race Montbéliarde.

L'étude montre également la difficulté des approches pluridisciplinaires et inter-métiers. Par exemple, dans le cas de la vitesse de traite, il est plus intéressant pour l'éleveur de viser une homogénéisation du troupeau puisque la traite est réalisée par lot. Mais le modèle bio-économique gère une diminution de la moyenne du temps de traite. L'approche est différente entre les deux thématiques qui peuvent conduire à un résultat similaire : la diminution du temps de traite correspond à une élimination des animaux avec des temps de traite élevés amenant d'une certaine manière à l'homogénéisation du troupeau sur ce caractère.

Cependant, même si le niveau moyen de la population sur le caractère vitesse de traite diminue, il est considéré que cette diminution s'obtient par élimination des plus mauvais individus entraînant un troupeau plus uniforme.

D'un point de vue plus général, les études du travail d'astreinte faites sur la base de la méthode « Bilan Travail » prennent en compte le bénévolat qui est présent en 2008-2009 dans 61% des exploitations enquêtées (Fagon et Sabatté, 2010). Ce travail non-rémunéré, ne peut pas être intégré dans les modèles bio-économiques dont les résultats sont exprimés en valeur monétaire. Si le bénévolat était intégré, les résultats seraient faussés puisque le travail d'astreinte passerait de 1600 heures par travailleurs à plus de 2000 heures.

Contrairement à l'analyse du travail qui porte sur la personne à travers les dimensions organisation, productivité et sens du métier, la sélection génétique ne s'intéresse pas à l'efficacité des éleveurs. Elle a cependant la possibilité de sélectionner des animaux, sur certains aspects, plus efficaces d'un point de vue travail.



---

# CONCLUSION

---

L'intégration du travail d'astreinte dans le modèle bio-économique OSIRIS, appliquée à un système laitier Auvergnat en race Montbéliarde (BL46) passe par une étude du travail à trois échelles. La première échelle est globale avec le travail d'astreinte annuel. La deuxième, analytique, est constituée de tâches, au nombre de quatre : la conduite du troupeau, la traite, l'aide aux vêlages et les inséminations. La troisième échelle est celle des actes élémentaires constituant chaque tâche comme la préparation des trayons ou la pose des faisceaux trayeurs pour la tâche de traite.

Les tâches, via leur décomposition en actes élémentaires, sont reliées à des performances animales ou des effectifs de troupeau et sont modélisées sous forme d'équations avant d'être intégrées dans le modèle OSIRIS. L'articulation entre les trois échelles est primordiale pour vérifier la cohérence des résultats et pour valider la modélisation du travail dans OSIRIS.

La variation de ces performances animales, les unes indépendamment des autres, permet de quantifier l'intérêt économique de l'évolution des performances animales nommées pondérations économiques des caractères. Elles sont utilisées dans la construction des indices de synthèse afin de sélectionner aujourd'hui les reproducteurs qui fonderont la génération de demain.

L'ajout du travail d'astreinte dans OSIRIS a tout d'abord permis de déterminer la pondération économique du caractère vitesse de traite. Ensuite, les conséquences sur les pondérations économiques et les réponses à la sélection sont fortes pour le caractère vitesse de traite, mais faibles pour les autres caractères. Cependant, la vitesse de traite a un aspect plus subjectif que les autres caractères, car gagner du temps n'a de valeur économique que si l'éleveur comptabilise ses horaires ou si la main-d'œuvre est salariale.

De plus, l'analyse d'autres systèmes, notamment avec robot de traite, engendrerait sûrement une baisse de l'intérêt économique de sélectionner la vitesse de traite par rapport à la présente étude. L'ajout du travail pourrait donc engendrer davantage de variations entre système des poids économiques des caractères.

Différentes propositions pour prolonger cette première approche de la prise en compte du travail dans les modèles bio-économiques sont alors envisagées :

- Considérer d'autres systèmes représentatifs de la race Montbéliarde afin de confirmer les résultats.
- Etendre l'étude à d'autres espèces comme les ovins allaitants avec d'autres caractères comme la prolificité.
- Compléter le travail d'astreinte par la prise en compte du travail de saison dans les coûts de production des fourrages et aliments.



---

# BIBLIOGRAPHIE

---

Agabriel J., Farrie J.-P., Pottier E., Note P. « Simplifications de l'affouragement pour les troupeaux allaitants : évaluation des pratiques et de leurs conséquences zootechniques ». *Renc Rech Rum.* 2012. Vol. 19, p. 385-392.

Albera A., Carnier P., Groen A. F. « Definition of a breeding goal for the Piemontese breed: economic and biological values and their sensitivity to production circumstances ». *Livest. Prod. Sci.* août 2004. Vol. 89, n°1, p. 66-77.

Balard J., Bischoff O., Pin A., Chauvat S., Dumonthier P., Servièrre G., Dedieu B. *L'organisation du travail en élevage : enseigner la méthode Bilan Travail, guide pédagogique.* Educagri.[s.l.] : [s.n.], 2008.

Barthez A. « Du labeur paysan au métier d'agriculteur : l'élaboration statistique en agriculture ». *Cah. Econ. Sociol. Rural.* 1986. Vol. 3, p. 45-72.

Billon P., Gaudin V., Le fur F. « Le pré-moussage des trayons avant la traite : effets sur l'organisation du travail et le cinétique d'émission du lait chez la vache ». *Renc Rech Rum.* 1998. Vol. 5, p. 339.

Bloch C. *Détermination de l'objectif de sélection en race bovine Limousine.* Mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un diplôme d'agronomie approfondie en sciences et techniques des productions animales. Institut National Agronomique Paris-Grignon, 1996.

Brunschwig P., Veron J., Perrot C., Faverron P., Delaby L., Seegers H. « Etude technique et économique de systèmes laitiers herbagers en Pays de la Loire ». *Renc Rech Rum.* 2001. Vol. 8, p. 237-244.

Charroin T., Veysset P., Devienne S., Fromont J.-L., Palazon R., Ferrand M. « Productivité du travail et économie en élevage d'herbivores : définition des concepts, analyse et enjeux ». *INRA Prod. Anim.* 2012. Vol. 25, n°2, p. 193-210.

Chauvat S., Cournut S. *Organisation du travail et sens du métier en élevage laitier.* SPACE, 16 septembre 2014, Rennes.

Chauvat S., Servièrre G. *Travail en élevage en trois dimensions : organisationnelle, économique et identitaire.* ORDA Languedoc-Roussillon, 11 décembre 2013.

Chauvat S., Tchakérian E., Servièrre G., Cournut S. *Des élevages ovin viande performants sur économie et travail : points clés et conceptions du métier.* Institut de l'Élevage, 2013. (Théma).

Congleton W. . « Dynamic model for combined simulation of dairy management strategies ». *J. Dairy Sci.* 1984. Vol. 67, p. 644-660.

Cournut S., Chauvat S. « Qualifier la vivabilité des exploitations d'élevage de ruminants d'un point de vue du travail ». *Rencontres Autour Rech. Sur Rumin.* 2010. p. 425-428.

Cournut S., Jordan A., Dedieu B., Servièrre G. *Analyse de groupe des Bilans Travail : guide méthodologique.* [s.l.] : Institut de l'Élevage, 2009. ISBN : 978-2-84148-536-9.

Cournut S., Servièrre G., Hostiou N., Chauvat S., Dedieu B. « L'organisation du travail en exploitation familiales d'élevage : enseignement d'une analyse comparée conduite en France, en Amérique latine et au Vietnam ». *Cah. Agric.* octobre 2010. Vol. 19, n°5, p. 338-347.

Croué I. *Obtention d'un objectif de sélection en race Montbéliarde par un raisonnement économique ; comparaison entre système conventionnel et système biologique.* Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome. Agro Paris Tech, 2013.

Dedieu B., Chauvat S., Servièrre G., Tchakérian E. *L'organisation du travail dans les exploitations d'élevage : une méthode de caractérisation en élevage ovin du Centre-Ouest.* Institut de l'Élevage, INRA, 2000. 27 p.

Dedieu B., Servièrre G. « Vingt ans de recherche-développement sur le travail en élevage : acquis et perspectives ». *INRA Prod. Anim.* 2012. Vol. 25, n°2, p. 85-100.

Dupré L. « Spécificités du salariat permanent en élevage laitier de montagne : une première approche dans les Alpes du Nord ». *Cah. Agric.* 2010. Vol. 19, n°5, p. 366-370.

Fagon J., Sabatté N. *Référentiel travail en élevage bovins lait.* Institut de l'élevage, 2010. 32 p. ISBN : 978-2-36343-088-5.

Groen A. F., Steine T., Colleau J.-J., Pedersen J., Pribyl J., Reinsch N. « Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. Report of an EAAP-working group ». *Livest. Prod. Sci.* 1997. Vol. 49, p. 1-21.

Guerrier J. *Intégration de la longévité dans les objectifs de sélection des races bovines allaitantes.* Mémoire de fin d'étude de MASTER science et technologie du vivant, spécialité Sciences de l'Animal, 2008.

Guillaumin A., Dockes A. C., Palazon R. « La contribution des exploitations d'élevage au développement durable : état des lieux des méthodes d'évaluation et résultats ». 2009. n°16, p. 85-92.

Henderson C. R. « Best Linear Unbiased Estimation and Prediction under a Selection Model ». *Biometrics*, juin 1975. Vol. 31, n°2, p. 423-447.

Idele, INRA. *Évaluation génétique des taureaux Montbeliards : Production laitière - Morphologie - Caractères fonctionnels*, 2015.

Institut de l'Élevage. « Michel Dantin, député européen à propos du nouveau règlement zootechnique européen ». Disponible sur : [http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/video-michel-dantin-depute-europeen-a-propos-du-nouveau-reglement-zootechnique-europeen.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/video-michel-dantin-depute-europeen-a-propos-du-nouveau-reglement-zootechnique-europeen.html) > (consulté le 1 juin 2015)

J.J. Colleau. « Intérêt du temps total de traite pour la sélection des vaches sur la vitesse de traite II.- La sélection des femelles ». *Ann Génét Sél Anim.* 1971. Vol. 3, n°3, p. 315-330.

Jussiau R., Papet A., Rigal J., Zanchi E. *Amélioration génétique des animaux d'élevage (édition 2013).* Educagri Editions, 2014. 370 p. ISBN : 9782844449290.

Leclerc H. *Mise en place de l'évaluation génétique sur les contrôles élémentaires en bovins laitiers et perspectives d'utilisation des résultats en appui technique.* Thèse de doctorat, AgroParisTech, Paris, France, 2008.



Legarto J. « Influence sur le travail en élevage bovin lait de deux systèmes fourragers dont l'un est en monoculture de maïs et l'autre avec de l'herbe pâturée ».  *journée AFPP "Elevages, prairies, Travail*, 2005.

Lémery B. « Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture ». *Sociol. Trav.* 2003. Vol. 45, n°1, p. 9–25.

Madelrieux S., Dupré L., Hostiou N., Barbosa T., Burlamaqui Bendahan A., Tourrand J.-F. « Liens entre salariat et activité agricole : itinéraires professionnels de salariés d'élevage ». *Cah. Agric.* 2010. Vol. 19, n°5, p. 354-358.

Menard J. ., Gaudin V., Billon P. « Hygiène des trayons avant la traite : temps de préparation et coûts selon différentes techniques recommandées ». *Renc Rech Rum.* 1998. n°5, p. 340.

Moulin S. *Amélioration des conditions de travail en élevage bovin lait : Accompagnement à la mise en place d'un programme d'appui technique en Auvergne*, 2005.

Pabiou T. *Construction d'index de synthèse IBOVAL sur des bases économiques en races allaitantes*, 2005. 75 p.(Résultats).

Phocas F., Bloch C., Chapelle P., Bécherel F., Renand G., Ménissier F. « Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme ». *Livest. Prod. Sci.* 1998. Vol. 57, p. 49-65.

Pinard D. *Poids économiques des caractères pour un système conventionnel et un système AB en race Montbeliarde*. 15 juin 2015.

Pinard D., Regaldo D., Guerrier J. « Un modèle bioéconomique pour mettre à jour l'objectif de sélection de la race Prim'Holstein ». *Renc Rech Rum.* 2013. p. 137–140.

Reuillon J.-L., Fagon J., Charroin T., Laurent M. *Coût de production en élevage bovins lait - Manuel de référence de la méthode proposée par l'Institut de l'Elevage*, Institut de l'Elevage, 2012. 42 p.,(Résultats). ISBN : 1773-4738.

Rivest J., Fortin F., Maignel L., Riendeau L., Morin M., Ploudre N., Richard Y. *Estimation du potentiel économique de nouveaux caractères génétiques et développement d'un outil de calcul des valeurs économiques des indices paternel et maternel rapport final*. [Québec] : Centre de développement du porc du Québec, 2008. ISBN : 9782922276138 2922276139.

Robert W. « SYMPOSIUM: MULTIPLE TRAIT EVALUATION ». *J. Dairy Sci.* 1984. Vol. 67, n°7, p. 1554.

SAS Institute INC. *SAS/IML® software 9.4*. Cary, NC : SAS Institute, 2013.

Schewe R. L. « Letting Go of 'Conventionalisation': Family Labour on New Zealand Organic Dairy Farms: Letting go of conventionalisation ». *Sociol. Rural.* janvier 2015. Vol. 55, n°1, p. 85-105.

Servière G., RMT Travail. *Enjeux du travail en élevage*. Présentation 5 janvier 2015, AgroSup Dijon.

URSSAF. « Les salaires minimums », 2014. Disponible sur : <[http://www.urssaf.fr/profil/particuliers/baremes/baremes/les\\_salaires\\_minimums.pdf](http://www.urssaf.fr/profil/particuliers/baremes/baremes/les_salaires_minimums.pdf) > (consulté le 28 août 2015)

« Women's work and Transformations in agricultural production ». *J. Rural Stud.* 1991. Vol. 7, n°1/2, p. 3-4.



---

# ANNEXES

---





---

## LISTE DES ANNEXES

---

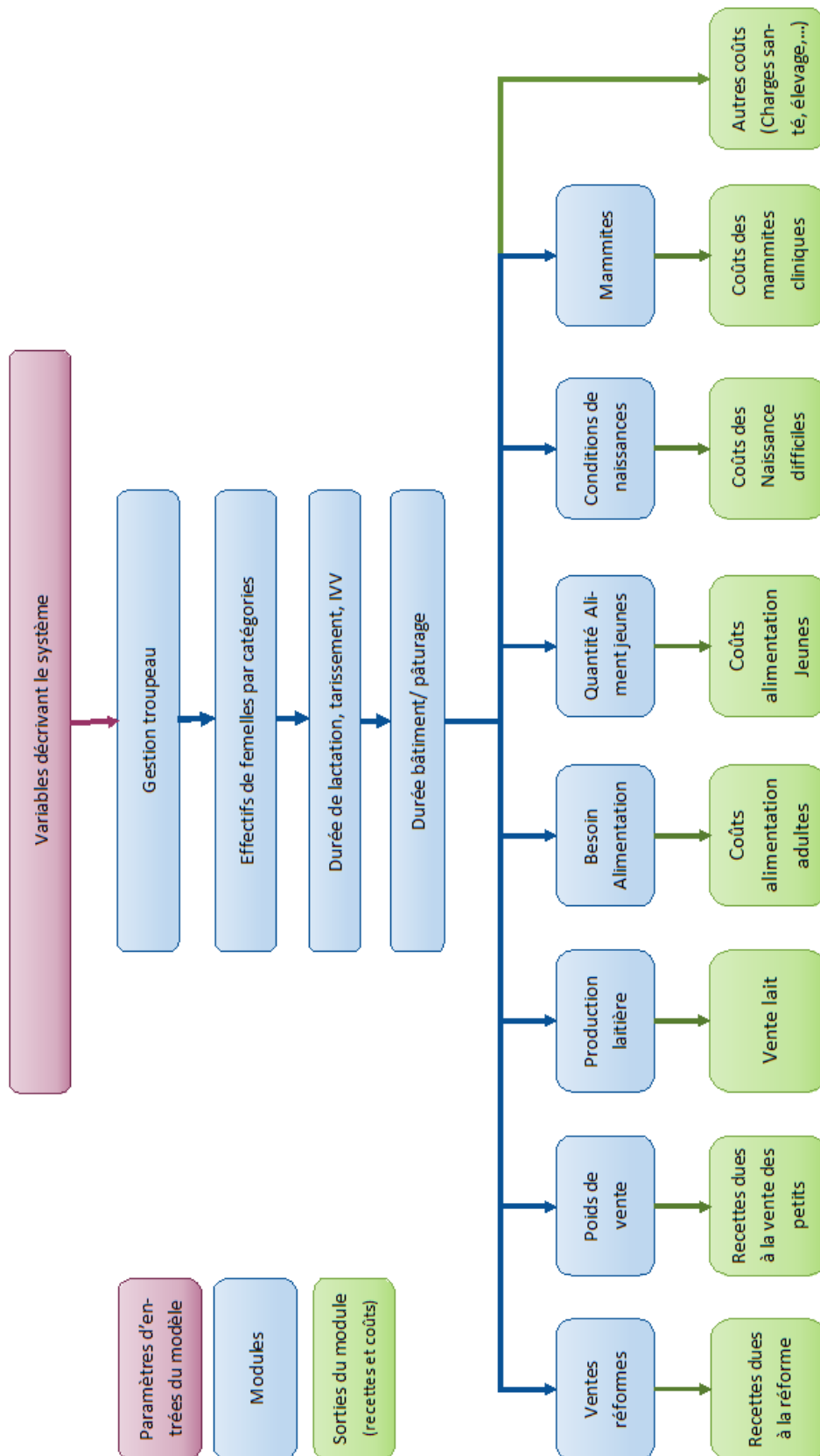
Annexe 1 : Fonctionnement en module du modèle OSIRIS.....	I
Annexe 2 : Description du cas-type BL46.....	II
Annexe 3 : modification effectuées pour modéliser le BL46 dans OSIRIS.....	III
Annexe 4 : Analyse en composante principale sur 17 exploitations laitières « Bilan Travail » et le BL46, avec les variables SAU, nombre de pCB, nombre d'UGB et lait produit par vache.....	V
Annexe 5 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sur les résultats de l'ACP.....	VI
Annexe 6 : Choix des exploitations constituant l'échantillon de référence.....	VII
Annexe 7 : Etude de TAcB/pCB pour plusieurs groupes d'exploitation par une ANOVA unifactorielle.....	VIII
Annexe 8: Coefficient UGB issues des Réseaux d'Elevage.....	IX
Annexe 9: Coûts et recettes calculés par OSIRIS pour les modélisations du BL46 avec et sans travail d'astreinte.....	X
Annexe 10: Bénéfices marginaux associés à chaque variation de caractère pour les modélisations avec et sans travail.....	XI








Annexe 1 : Fonctionnement en module du modèle OSIRIS



**Système N°** BL46

**Lait spécialisé**  
**Grand troupeau Montbéliard**  
 Zone maïs possible



**Lait spécialisé modernisé - 420000L de quota**  
**GAEC**  
 60 VL montbéliardes 7 200 l conduites en majorité en race pure  
 100 ha (72.4 ha de prairies et 15.6 ha de céréales)  
 Système présent dans toutes les zones d'altitude avec possibilité de produire des céréales pour la consommation animale et du maïs pour sébourner les rations des VL.

**BL46 actualisation 2013**

**Sommaire**  
 Les surfaces  
 Le troupeau laitier  
 Résultats économiques 2013  
 Chiffres clés 2013  
 Cour de production

**Localisation**  
 Zone intermédiaire à maïs possible  
 Livradois, Brivadois, Combrailles  
 et vallée de la Loire et de l'Allier, partie plus basse du pi

**GAEC 2,1 UMO totales**  
 2,0 UMO exploitants  
 0,1 UMO salariés

**Lait spécialisé**  
 Grand troupeau Montbéliard  
 Zone maïs possible

**100 ha SAU**  
 15,0 ha de céréales  
**84 ha de SFP**  
 dont 72 ha d'herbe  
 dont 12 ha de cultures fourragères

**420306 litres de lait vendu par an**  
 60 vaches laitières  
**7231 LVL/an**  
**85 UGB**  
 100% UGB lait / UGB totaux  
 0 UGB viande  
 0 Vaches allaitantes

**1,0 UGB/ha SFP**  
 5169 litres de lait/ha SFP  
 164 Kgv de viande/ha SFP

**Domaine de validité**  
 SAU de 50 à 60 ha  
 lait produit de 300000 à 500000 L  
 VL de 45 à 75  
 Chargement de 0,9 à 1,2 UGB/SFP

**Conseillers départementaux:**

CA63	04 73 44 45 48
CA63	06 73 44 45 48
CA43	04 71 07 21 00
CA15	04 71 45 55 00
CA15	04 71 45 55 00
CA15	04 71 45 55 00
SUMAME CA48	04 88 65 62 00

**Appui régional:**  
 Jean-Luc REULLON      04 73 26 52 24

**Version du** 18-Mai-14

**BL46\_2013\_01 - 04/04/2013**

**Représenté par** FranceAgriMer et du CASDAR.

## **Modélisation du système BL 46 :**

Paramètres modifié pour adapter le BL31 au BL46

### **Calcul des données de l'alimentation**

Fourrage :

<b>Fourrage</b>	<b>Proportion %</b>	<b>UFL</b>	<b>UEL</b>	<b>PDIN</b>	<b>PDIE</b>	<b>Prix €/TMS Ref 2007</b>
Fourrage Vache	100	0.82	1.01	66	74	140
Fourrage Veau :		0.71	1.09	72	79	114

Concentrés :

<b>Concentré</b>	<b>Proportion</b>	<b>UFL</b>	<b>PDIN</b>	<b>PDIE</b>	<b>Prix €/T</b>
Concentré 1		1.16	72	96	208
Concentré 2 (soja)		1.20	360	253	449 (prix lissé sur 2010, 2011, 2012)

### **Données Modifiées :**

Paramètres de gestion du troupeau :

- Nombre de mises bas : 60

Gestion de la reproduction :

âge idéal de mise à la reproduction => 596 j

Ventes des petits :

- Une partie des jeunes est-elle croisée : 0
- Proportion de jeunes croisés : 13 %

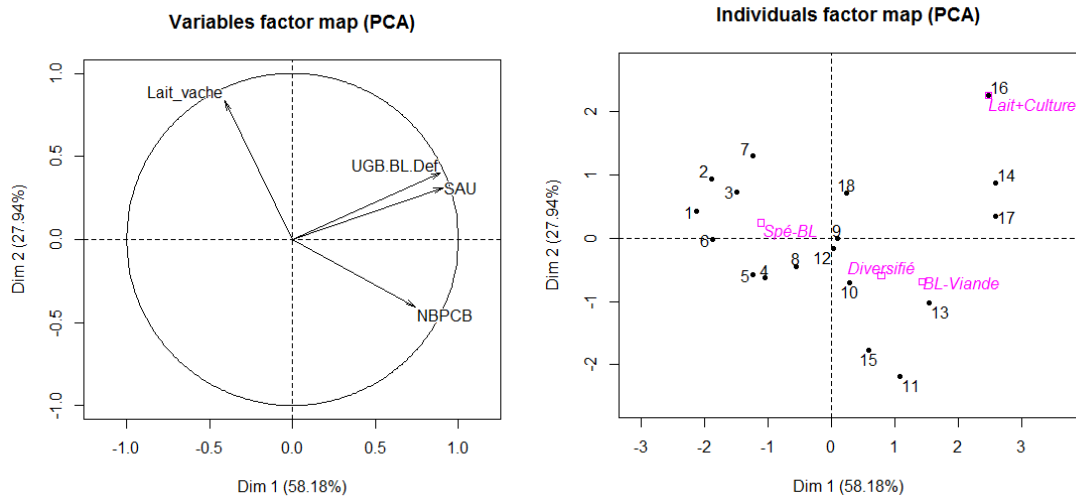
Cout alimentaires par femelle adulte (voir tableau) :

- UF : fourrage : 0,82 ; c1 : 1,16 ; c2 : 1,2
- UEL : Fourrage : 1,01
- PDIE : Fourrage : 66 ; C1 : 96 ; c2 : 253
- PDIN : Fourrage : 74 ; c1 : 72 ; c2 : 360
- Prix des aliments : cf tableau
- Répartition stabulation/pâturage : 50% pâturage, 50% stabulation
- Engraissement des réformes ? NON

Charges et aides :

- Frais de santé : 85€/VL ; 52€/génisse
- Frais élevage : 200 €/VL ; 58€/génisse de renouvellement
- Charges de structure : 1013 €/VL (amortissement bâtiment, charges sociales, fermages, électricité, eau, entretien bâtiment/foncier,...) l'amortissement du matériel, entretien du matériel, carburant,... ne sont pas pris en comptes (déjà intégrés dans le prix des aliments)
- Aides : 790 €/VL

**Annexe 4 : Analyse en composante principale sur 17 exploitations laitières « Bilan Travail » et le BL46, avec les variables SAU, nombre de pCB, nombre d'UGB et lait produit par vache**



**Résultats :**

Call:

PCA(acpBL46c, quali.sup = (5), scale.unit = TRUE, ncp = 5, graph = T)

Eigenvalues

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
Variance	2.327	1.117	0.473	0.083
% of var.	58.176	27.936	11.821	2.067
Cumulative % of var.	58.176	86.112	97.933	100.000

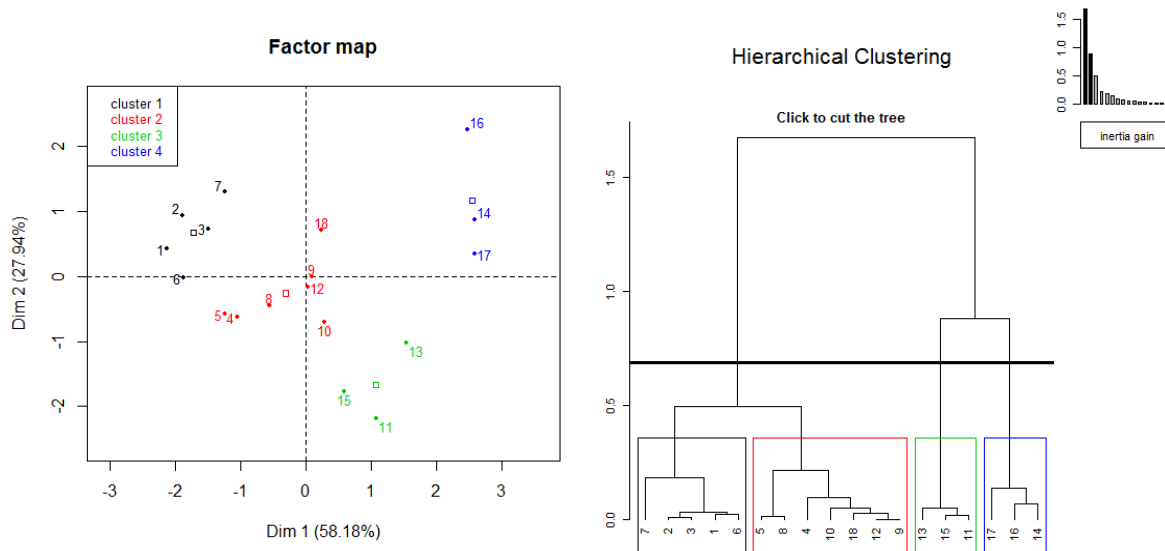
Variables

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2
Lait_vache	-0.409	7.201	0.168	0.833	62.170	0.695	0.369	28.808	0.136
SAU	0.905	35.198	0.819	0.312	8.715	0.097	-0.212	9.525	0.045
NBPCB	0.740	23.539	0.548	-0.404	14.638	0.164	0.537	60.889	0.288
UGB.BL.Def	0.890	34.062	0.793	0.402	14.477	0.162	-0.061	0.777	0.004

Supplementary categories

	Dist	Dim.1	cos2	v.test	Dim.2	cos2	v.test	Dim.3	cos2	v.test
BL-Viande	1.582	1.423	0.810	2.386	-0.690	0.190	-1.668	0.012	0.000	0.044
Diversifié	1.031	0.786	0.582	0.751	-0.599	0.337	-0.826	0.287	0.078	0.609
Lait+Culture	3.384	2.472	0.534	1.620	2.251	0.442	2.129	-0.294	0.008	-0.427
Spé-BL	1.143	-1.116	0.954	-3.372	0.240	0.044	1.045	-0.034	0.001	-0.228

## Annexe 5 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sur les résultats de l'ACP



### Résultats :

\$`1`

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Lait_vache	2.828662	7398.069	6330.601421	616.430671	964.9652184	0.004674307
UGB.BL.Def	-2.093055	47.960	71.066667	11.760714	28.2289253	0.036344202
SAU	-2.156068	47.298	94.749444	9.609831	56.2762043	0.031078367
NBPCB	-2.390029	1.200	1.888889	0.400000	0.7370277	0.016847051

\$`2`

NULL

\$`3`

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
NBPCB	2.779797	3.000	1.888889	0.0000	0.7370277	0.005439285
Lait_vache	-2.473724	5036.038	6330.601421	378.7452	964.9652184	0.013371290

\$`4`

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
SAU	3.579413	203.9933	94.74944	34.935856	56.27620	0.0003443669
UGB.BL.Def	3.566463	125.6667	71.06667	2.624669	28.22893	0.00036183153

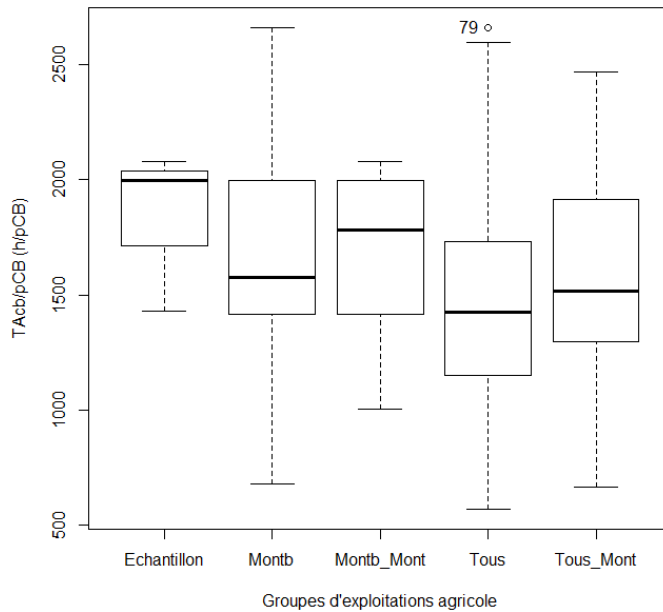
Annexe 6 : Choix des exploitations constituant l'échantillon de référence

n° dans ACP	ID	SAU	PmaisSFP	NBPCB	UGB BL Def	Lait_vache	Choix des EA
4	36	52,10	0,00	2	39,7	6419	BL trop petit
5	41	50,00	0,09	1	52,9	5640	1 pers + BL petit
8	42	82,50	0,10	1	66,0	5380	
9	178	84,74	0,00	2	77,7	6358	
10	180	100,01	0,11	2	68,0	5555	Mixte
12	132	80,00	0,06	2	75,1	6224	
18	BL46	100,00	0,14	2,00	85,0	7005	

Légende : EA choisies

Facteur d'exclusion

**Annexe 7 : Etude de TAcB/pCB pour plusieurs groupes d'exploitation par une ANOVA unifactorielle**



Test de normalité :

Shapiro-Wilk normality test

data: Tacb\_pCB

W = 0.9886, p-value = 0.1182

Test d'homogénéité des variances :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Tacb\_pCB by Groupe

Bartlett's K-squared = 0.9329, df = 4, p-value = 0.9198

Test de comparaison des moyennes : ANOVA unifactorielle

```
AnovaModel.1 <- aov(Tacb_pCB ~ Groupe, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.1)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Groupe	4	1283027	320757	1.64	0.166
Residuals	192	37560500	195628		

```
> with(Dataset, numSummary(Tacb_pCB, groups=Groupe, statistics=c("mean", "sd")))
```

	mean	sd	data:n
Echantillon	1835.650	352.4884	3
Montb	1635.001	464.2280	18
Montb_Mont	1684.330	358.3833	10
Tous	1457.357	443.4373	132
Tous_Mont	1534.576	451.6981	34



**Annexe 8: Coefficient UGB issues des Réseaux d'Elevage**

Catégorie	Coefficient UGB
Vache	1
Génisse + 2ans	0.8
Génisse 1-2 ans	0.6
Veau 0-1 ans	0.3

Annexe 9: Coûts et recettes calculés par OSIRIS pour les modélisations du BL46 avec et sans travail d'astreinte

Caractère	Coûts/femelle		Δcoûts/femelle (coûts marginaux)		différence avec et sans travail
	sans travail	avec travail	sans travail	avec travail	
Cas de base	2323,6962	2859,1227			
longévité (taux 1er MB)	2330,4391	2868,0733	6,7429	8,9506	2,21
fertilité génisse	2322,4222	2857,5778	-1,274	-1,5449	-0,27
fertilité adulte	2322,3519	2856,9911	-1,3443	-2,1316	-0,79
Condition de naissance (score 1)	2323,5301	2858,9406	-0,1661	-0,1821	-0,02
Survie 0-48h	2323,7761	2859,2025	0,0799	0,0798	0,00
Lait	2323,7226	2859,1618	0,0264	0,0391	0,01
MG	2324,1709	2859,5974	0,4747	0,4747	0,00
MP	2327,0705	2862,4969	3,3743	3,3742	0,00
Cellules (score SCS)	2322,7892	2857,9672	-0,907	-1,1555	-0,25
Mammite	2322,8414	2858,2679	-0,8548	-0,8548	0,00
poids réforme	2323,9276	2859,354	0,2314	0,2313	0,00
Vitesse de traite		2844,8899		-14,23	

Caractère	Recettes/fem		Δrecettes/femelle (recettes marginales)		différence avec et sans travail
	sans travail	avec travail	sans travail	avec travail	
Cas de base	3370,7688	3370,7688			
longévité (taux 1er MB)	3368,2623	3368,2623	-2,5065	-2,5065	0
fertilité génisse	3370,0527	3370,0527	-0,7161	-0,7161	0
fertilité adulte	3372,4325	3372,4325	1,6637	1,6637	0
Condition de naissance (score 1)	3370,7688	3370,7688	0	0	0
Survie 0-48h	3372,5734	3372,5734	1,8046	1,8046	0
Lait	3370,9602	3370,9602	0,1914	0,1914	0
MG	3376,5905	3376,5905	5,8217	5,8217	0
MP	3386,3819	3386,3819	15,6131	15,6131	0
Cellules (score SCS)	3370,6623	3370,6623	-0,1065	-0,1065	0
Mammite	3370,7688	3370,7688	0	0	0
poids réforme	3371,1276	3371,1276	0,3588	0,3588	0
Vitesse de traite		3370,7688		0	

**Annexe 10: Bénéfices marginaux associés à chaque variation de caractère pour les modélisations avec et sans travail**

Caractère	Δbénéfice/femelle (bénéfice marginal)		différence avec et sans travail
	sans travail	avec travail	
longévité (taux 1er MB)	-9,24926	-11,46187	-2,21
fertilité génisse	0,5579058	0,8264294	0,27
fertilité adulte	3,0080464	3,7979299	0,79
Condition de naissance (score 1)	0,1660798	0,1820686	0,02
Survie 0-48h	1,7247548	1,7247548	0,00
Lait	0,1650317	0,1523214	-0,01
MG	5,3470475	5,3470475	0,00
MP	12,238941	12,238941	0,00
Cellules (score SCS)	0,798382	1,045102	0,25
Mammite	0,854775	0,854775	0,00
poids réforme	0,1274654	0,1274654	0,00
Vitesse de traite		14,232719	







VetAgro Sup

PASSEMARD, Anne-Sophie, 2015, Intégration du travail en élevage dans les modèles bio-économiques servant à la définition des objectifs de sélection, 32 p., mémoire de fin d'études, soutenu à Lempdes, le 21 septembre 2015.

**STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES:**

- ◆ Institut de l'Élevage (Idèle)

**ENCADRANTS :**

- ◆ Maîtres de stage : GUERRIER Jean (Institut de l'Élevage), SERVIERE Gérard (Institut de l'Élevage)
- ◆ Tuteur pédagogique : GOUTTENOIRE Lucie (VetAgro Sup)

**OPTION :** Elevage et Systèmes de Production

## RESUMÉ :

La définition d'un objectif de sélection d'une race est basée sur le calcul de l'importance économique de différents caractères observés dans les systèmes d'élevage de cette race. Des modèles bio-économiques sont mis en place par l'Institut de l'Élevage et l'INRA pour aider les gestionnaires des races dans cette démarche. La prise en compte du temps de travail de l'éleveur dans ces modèles est apparue comme une demande forte des partenaires. Une première méthode est proposée en s'appuyant sur un système laitier herbager du Massif Central en race Montbéliarde décrit par le cas-type BL46. Elle consiste en une étude du travail d'astreinte à trois échelles : globale, par tâche et par acte élémentaire, pour amener à la désagrégation du travail sous forme d'équations qui seront intégrées dans le modèle bio-économique OSIRIS.

L'impact de l'ajout du travail est surtout visible pour le caractère vitesse de traite dont la pondération économique relative représente 31% de l'objectif de sélection alors qu'elle n'avait pas de valeur précédemment.

La prise en compte du travail dans les pondérations économiques des caractères entraîne une augmentation de la réponse à la sélection sur l'index « vitesse de traite » (+0,3 écart-type) et une réponse de l'index « intervalle vêlage première IA » désormais positive. Les réponses sur les index de morphologie, de mammite, du score cellulaire diminuent toutes de 0,1 écart-type et celle sur l'index lait diminue de 30 Kg.

Il est maintenant opportun de compléter cette première approche par l'étude d'autres systèmes bovins laitiers, notamment avec utilisation d'un robot de traite, mais aussi avec d'autres espèces.

---

**Mots clés :** Travail en élevage, Montbéliard, modèle bio-économique, objectif de sélection, indices de synthèse