

**MASTER 2<sup>ème</sup> année**

Santé publique Paris XI et Sciences et santé Paris XII

Spécialité

**Surveillance épidémiologique des maladies humaines et animales**

---

**RAPPORT DE STAGE**

**Description du taux de réforme des vaches en France à  
partir des données enregistrées en routine  
Analyse des facteurs typologiques, zootechniques et sanitaires**

Présenté par

**Audrey Labouyrie**

et soutenu le 24 Juin 2014.

Stage réalisé à l'unité Epidémiologie, Anses-Laboratoire de Lyon

Encadrement : Carole Sala

Janvier- Juin 2014

**Année universitaire 2013-2014**



## Remerciements

---

Je remercie l'ensemble de l'unité Epidémiologie de l'Anses-Laboratoire de Lyon de m'avoir accueillie, et intégrée de façon sympathique au sein de leur unité. Merci aussi pour les petits coups de mains de chacun.

Je remercie également Brahim, Souade et Alison pour ce partage de bureau chaleureux.

Enfin, je remercie Carole de m'avoir proposé ce stage, puis guidée durant celui-ci. Merci pour le temps passé et ta disponibilité, les explications, les relectures et les aides en tous genres ! Je t'en suis vraiment reconnaissante.

## Résumé court

---

Dans un contexte de valorisation des données démographiques enregistrées en routine en France, il a été envisagé d'utiliser le taux de réforme comme indicateur du niveau sanitaire des élevages bovins. La réforme des bovins n'ayant jamais été étudiée en France au niveau populationnel, un travail préalable de description du taux de réforme des vaches était nécessaire. Pour ce faire, sur la campagne juillet 2010-juin 2011, nous avons sélectionné parmi les élevages bovins de France métropolitaine enregistrés dans la Base de Données Nationale d'Identification des bovins (BDNI), 73 149 élevages disposant d'au moins un atelier naisseur. Pour ces élevages trois taux de réforme ont été calculés. Le *taux de réforme* au sens strict incluait les femelles de deux ans et plus quittant l'élevage pour abattage, ou vendues à un autre élevage pour une autre cause mais abattues dans les six mois suivants cette vente sans avoir vêlé entre-temps. Afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux disponibles dans la littérature, deux autres définitions du taux de vaches réformées ont été utilisées : *le taux de réforme et mortalité* en ajoutant les femelles de deux ans et plus mortes en ferme à celles sorties strictement pour réforme, et *le taux de rotation* incluant l'ensemble des femelles de deux ans et plus sorties de l'élevage quel que soit le motif de sortie. Selon ces définitions, le taux de réforme moyen était d'environ 19 %, le taux moyen de réforme et mortalité d'environ 21 % et le taux de rotation moyen d'environ 25 %. Une analyse factorielle multiple (AFM) à sept blocs passifs, dont les trois taux de mortalité, et quatre blocs actifs (groupe de l'élevage, zootechnie, sanitaire et réforme) a été réalisée en utilisant trente variables créées au niveau de l'élevage à partir des données de la BDNI. Les trois premiers axes factoriels expliquaient environ 40 % de la variance, et 15 axes étaient nécessaires pour en expliquer 95 %. Après réduction du jeu de donnée à 35 000 individus par la méthode des k-means, une classification ascendante hiérarchique sur les coordonnées de ces nouveaux individus a permis d'identifier douze classes d'élevages. Quatre classes concernaient des élevages laitiers, divisés en fonction de leur conduite d'élevage intensive ou traditionnelle, de leurs résultats sanitaires et de la présence d'un éventuel atelier d'engraissement. Quatre autres classes regroupaient des élevages allaitants séparés également selon le type de leur conduite d'élevage et leur maîtrise zootechnique. Deux classes étaient composées d'élevages engraisseurs. Et enfin deux classes de faible effectif distinguaient pour l'une des élevages mixtes, avec plusieurs races et un nombre moyen de femelles important, et pour l'autre des élevages ayant une forte proportion d'animaux croisés.

Mots-clés : réforme, bovins, BDNI, analyse factorielle multiple, classification ascendante hiérarchique.

## Résumé long

---

Dans un contexte de valorisation des données démographiques enregistrées en routine en France, il a été envisagé d'utiliser le taux de réforme comme indicateur du niveau sanitaire des élevages de bovins. La réforme des bovins n'ayant jamais été étudiée en France au niveau populationnel, un travail préalable de description du taux de réforme des vaches était nécessaire.

La réforme des vaches est un élément important de la conduite du troupeau en élevage bovin. La réforme consiste en la sortie de vaches du troupeau, souvent pour une baisse de productivité. La plupart des études portant sur la réforme des vaches sont menées à l'échelle de l'individu en production laitière, très peu à l'échelle du troupeau et en production allaitante, et encore moins au niveau populationnel.

Les motifs de sortie des vaches du troupeau sont nombreux, et la définition de la réforme varie selon l'inclusion ou non de certains motifs. Cependant le même terme de « culling » est souvent utilisé pour des définitions différentes de la réforme, ce qui complique la comparaison des résultats entre études. De plus, le taux de réforme, lorsqu'il est disponible, n'est pas calculé de la même manière dans les différentes études. La plupart du temps, seule est disponible la proportion de vaches réformées dans une population et/ou sur une période de temps très variables. Le taux vrai de réforme, permettant la comparaison entre population de taille différente est rarement calculé. Ce taux vrai correspond au ratio du nombre de vaches réformées dans une population pendant une période de temps sur le nombre de vaches à risque d'être réformées pendant cette même période de temps et dans cette population. Aussi les résultats des études sont souvent difficilement comparables. Malgré tout, se retrouvent dans la littérature un ensemble cohérent de motifs et de facteurs de risque de réforme volontaire et involontaire.

A l'échelle individuelle, les troubles de la reproduction, les pathologies de la mamelle, les boiteries, les accidents et maladies sont les motifs de réforme involontaire les plus fréquemment retrouvés en élevages laitiers. En élevage allaitant, peu d'informations sont disponibles. Si les problèmes sanitaires et les troubles de la reproduction restent de fréquents motifs de réforme, d'autres causes un peu différentes sont évoquées (manque de docilité, de conformation...). L'âge des vaches, que ce soit en production laitière ou allaitante reste un des motifs les plus habituels de réforme volontaire, de même qu'un faible niveau de production en élevage laitier.

Les motifs de réforme sont retrouvés dans les études de facteurs de risque car ceux-ci sont étudiés en majorité à l'échelle individuelle. Les études portent donc essentiellement sur les associations entre des problèmes de santé et la réforme.

A l'échelle du troupeau, les variations du taux de réforme semblent liées aux choix zootechniques et/ou à la maîtrise sanitaire de l'éleveur. L'augmentation de taille du troupeau, l'auto renouvellement et les améliorations génétiques sont des éléments en faveur d'un taux plus élevé de réforme volontaire tandis qu'une bonne maîtrise des maladies et une mortalité faible d'animaux peuvent être liés à un taux bas de réforme.

Le processus de réforme des vaches est complexe, avec des motifs et des facteurs de risque multiples et souvent colinéaires (âge et parité par exemple). Afin d'étudier la réforme des vaches à l'échelle du troupeau et de prendre en compte l'ensemble des variables accessibles via la Base de Données Nationale d'Identification (BDNI), nous avons fait appel aux méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelles.

Il existe différentes méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelles adaptées à la nature et l'organisation des données à explorer et qui peuvent être combinées pour améliorer les performances de l'analyse, notamment sur gros jeux de données. Ainsi classiquement, une méthode d'analyse en axes principaux ou analyse factorielle et une méthode de classification sont associées. L'analyse factorielle permet de structurer des données, avant de regrouper les individus par classification.

En fonction de l'organisation des données (nombre de tableaux, organisation des individus et des variables au sein de(s) tableau(x)), et de la nature des variables (qualitative, quantitative ou ordinale) différentes

méthodes d'analyse factorielle peuvent être utilisées. Toutes les méthodes peuvent cependant être considérées comme des cas particuliers d'une analyse factorielle « générale » visant à chercher les principaux axes d'inertie (appelés aussi axes d'allongement maximaux) des deux ensembles de points pondérés (ou nuages de points) associées aux  $n$  individus et  $p$  variables d'un tableau. Parmi ces méthodes, l'analyse factorielle multiple (AFM) permet de prendre en compte une structuration des variables en plusieurs groupes ou thèmes au sein desquels les variables sont de même nature (qualitative ou quantitative) et d'équilibrer a priori l'influence des groupes.

Après structuration des données, l'usage des méthodes de classification permet de regrouper les individus en des groupes homogènes pour certains critères, le but étant d'obtenir un nombre optimal de classes bien différenciées et stables. Comme pour les méthodes d'analyse factorielle, elles diffèrent selon la nature des variables observées pour chaque individu, et le choix des distances inter-individus et inter-groupes.

Les données utilisées pour l'étude provenaient de la BDNI. La population d'étude était représentée par l'ensemble des élevages de France métropolitaine enregistrés dans la BDNI pour la campagne juillet 2010-juin 2011 et appartenant à l'un des six groupes d'élevages suivants : élevages allaitants naisseurs-engraisseurs, élevages allaitants naisseurs, élevages laitiers naisseurs-engraisseurs, élevages laitiers naisseurs, élevages mixtes naisseurs-engraisseurs, élevages mixtes naisseurs. Ces élevages correspondaient aux élevages ayant eu au moins un bovin présent au moins un jour pendant la campagne 2010-2011, au moins 10 naissances issues de mères laitières et/ou allaitantes pendant la campagne, et n'ayant changé ni de type de production ni de taille au cours de trois campagnes successives.

Au final, 73 782 élevages ont été inclus dans l'étude, soit 34 % du total des élevages recensés en France métropolitaine pour la campagne 2010-2011.

Le *taux de réforme* au sens strict incluait les femelle de deux ans et plus quittant l'élevage pour abattage, ou vendues à un autre élevage pour une autre cause mais abattues dans les six mois suivants cette vente sans avoir vêlé entre-temps. Afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux disponibles dans la littérature, deux autres définitions du taux de vaches réformées ont été utilisées : *le taux de réforme et mortalité* en ajoutant les femelles de deux ans et plus mortes en ferme à celles sorties strictement pour réforme, et *le taux de rotation* incluant l'ensemble des femelles de deux ans et plus sorties de l'élevage quel que soit le motif de sortie. Selon ces définitions, dans les élevages inclus, le taux de réforme moyen était d'environ 19 %, le taux moyen de réforme et mortalité d'environ 21 % et le taux de rotation moyen d'environ 25 %.

En sus des taux de réforme, vingt-sept variables d'élevage potentiellement liées au taux de réforme ont été calculées à partir des données disponibles dans la BDNI et pour la campagne 2010-2011.

Une AFM multi-blocs a été utilisée pour étudier les relations entre les trois « taux de réforme » proposés et ces variables d'élevage. Afin de prendre en compte la structure des données, l'AFM comportait sept blocs passifs et quatre blocs actifs représentant les variables liés au groupe de l'élevage, les variables liées à la zootechnie, les variables de type sanitaire et les variables descriptives des modalités de réforme.

Trois des blocs passifs étaient les taux de réforme : le taux de réforme, le taux de réforme et mortalité, et le taux de rotation. Afin de faciliter la comparaison entre ces taux, deux ratios ont été créés, constituant également deux blocs passifs : ratio du taux de réforme sur taux de réforme et mortalité, et ratio du taux de réforme et mortalité sur taux de rotation. Le groupe de l'élevage constituait un bloc passif à part tandis qu'un bloc passif supplémentaire illustratif du type de production de l'élevage, incluait le nombre de races présentes dans l'élevage, la race majoritaire allaitante et la race majoritaire laitière.

Le bloc actif décrivant le type de production de l'élevage incluait le nombre moyen de femelles, la variable représentant l'« activité de naisseur », la variable représentant l'intensité de l'« engraissement de femelles », et une variable l'intensité de l'« engraissement de mâles » de l'élevage.

Les six variables permettant de décrire une partie des pratiques zootechniques d'élevage constituaient le bloc actif zootechnie : il s'agissait de l'intervalle vêlage-vêlage moyen, de la proportion de primo vêlages, de

la parité médiane et de l'âge moyen du troupeau, de l'âge médian au premier vêlage des femelles présentes pendant la campagne et de la proportion de naissances croisées.

Le taux de mortalité des femelles de 2 ans et plus, le taux de mortalité des génisses âgées de 6 à 24 mois, le taux de mortalité des veaux de moins de 21 jours, et le ratio d'achats étaient regroupés dans le bloc sanitaire.

Enfin, les sept variables décrivant la réforme des femelles constituaient le dernier bloc actif : l'âge médian et la parité médiane à la réforme dans le troupeau, l'âge médian au premier vêlage des femelles réformées, l'intervalle vêlage-réforme, l'intervalle deux ans-réforme, la proportion de nullipares réformées et le ratio d'achats de femelles dans la suite du texte.

Les trois premiers axes factoriels de l'AFM expliquaient environ 40 % de la variance, et 15 axes étaient nécessaires pour en expliquer 95 %. Une classification ascendante hiérarchique a donc été réalisée sur les coordonnées des individus sur les 15 premiers axes avec une étape intermédiaire de réduction du nombre d'individus par la méthode des k-means.

Comme attendu, les élevages se sont structurés en deux grands groupes : les élevages laitiers et les élevages allaitants. La classification a permis de distinguer des pratiques différentes au sein de ces groupes.

Parmi les élevages laitiers, se sont distinguées quatre classes :

- les élevages laitiers traditionnels, avec un taux de réforme élevé et un âge moyen bas comme attendu en élevage laitier,
- les élevages laitiers intensifs (taux de réforme élevé et âge moyen bas) maîtrisant mal la gestion sanitaire (taux de mortalité des femelles et des veaux élevés),
- les élevages laitiers ayant plusieurs races, un taux de réforme élevé, et une activité d'engraissement de femelles achetées expliquant par ces achats le nombre de races inhabituellement élevé,
- une classe de faible effectif regroupant les élevages laitiers ayant un taux de réforme bas et se caractérisant par un taux de mortalité des génisses élevé. Ils détenaient plutôt des animaux de race Montbéliarde.

Parmi les élevages allaitants, la classification a permis de distinguer :

- les élevages allaitants traditionnels, élevant plutôt la race Limousine, avec un taux de réforme bas, des âges moyen et à la réforme élevés comme attendu en élevage allaitant en race rustique,
- les élevages allaitants performants, élevant plutôt les races Charolaise et Limousine, avec un taux de réforme bas et des âges moyen et à la réforme élevés comme en élevage traditionnel, mais un intervalle vêlage-vêlage et des taux de mortalité des veaux et des vaches faibles indiquant leur bonne maîtrise de la conduite d'élevage et de la gestion sanitaire,
- les élevages allaitants intensifs avec un taux de réforme élevé et un âge à la réforme bas, donc bien différents des pratiques habituelles de l'élevage allaitant. Ils élevaient plutôt la race Charolaise.
- les élevages allaitants élevant plutôt la race Blonde d'Aquitaine, avec un taux de réforme faible, et des intervalles vêlage-vêlage, vêlage-réforme et deux ans-réforme élevés.

Les quatre classes restantes étaient plus difficiles à caractériser.

Une classe réunissait des élevages plutôt mixtes, avec plusieurs races dont la race Charolaise, et un nombre moyen de femelles important. Ces élevages avaient un taux de réforme élevé.

Une classe à faible effectif réunissait des élevages caractérisés par une proportion de naissances de veaux croisés importante, expliquée en partie par la présence d'au moins trois races bovines sur leur exploitation. Leur taux de réforme était plutôt bas.

Enfin, les élevages engraisseurs étaient retrouvés dans deux classes: une classe caractérisée par l'engraissement de mâles, l'autre par l'engraissement conjoint de mâles et de femelles. Parmi ces élevages se trouvaient aussi bien des élevages laitiers qu'allaitants. Ces classes avaient des effectifs faibles et des taux de réforme élevés concordants avec l'activité d'engraisseur.

L'utilisation analyse factorielle de données mixtes a permis d'explorer à grande échelle les liens entre les variables d'élevage et entre le taux de réforme et les caractéristiques des élevages et de dégager des

« profils » de réforme. Si cette méthode ne permet pas de quantifier le lien entre le taux de réforme et les différentes variables caractérisant les élevages, elle représente une étape préliminaire nécessaire à la modélisation en présence de nombreuses variables colinéaires en permettant la sélection des variables les plus pertinentes.

Cette étude a été menée dans un contexte de valorisation sanitaire des données d'élevages enregistrées en routine et de construction et d'évaluation d'indicateurs sanitaire des élevages. Une étude portant sur un nombre plus important de campagnes et sur des années perturbées d'un point de vue sanitaire (FCO, canicule...) permettrait de mieux évaluer la pertinence du taux de réforme et des profils de réforme comme indicateur sanitaire d'élevage.

## Table des matières

---

<b>INTRODUCTION</b>	<b>9</b>
<b>SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>9</b>
<b>1. LA RÉFORME DES VACHES</b>	<b>9</b>
1.1. RÉFORME, TAUX DE RÉFORME : DÉFINITIONS ET USAGES DANS LA LITTÉRATURE	10
1.2. MOTIFS ET FACTEURS DE RISQUE DE RÉFORME	11
<b>2. LES MÉTHODES D'ANALYSE EXPLORATOIRE MULTIDIMENSIONNELLE</b>	<b>14</b>
2.1. LES MÉTHODES D'ANALYSE FACTORIELLE	14
2.1.1. Principe général	14
2.1.2. Interprétation	15
2.2. UNE MÉTHODE DE CLASSIFICATION : LA CLASSIFICATION ASCENDANTE HIÉRARCHIQUE	16
2.2.1. Principe général	16
2.2.2. Interprétation	17
<b>TRAVAIL PERSONNEL</b>	<b>18</b>
<b>3. MATÉRIEL ET MÉTHODES</b>	<b>18</b>
3.1. MATÉRIEL	18
3.1.1. Données et population d'étude	18
3.1.2. Création des variables potentiellement liées à la réforme des vaches	19
3.2. MÉTHODES	23
3.1.3. Analyse factorielle multiple	23
3.1.4. Classification ascendante hiérarchique	24
<b>4. RÉSULTATS</b>	<b>25</b>
4.1. DESCRIPTION DES DONNÉES	25
4.2. ANALYSE FACTORIELLE MULTIPLE	34
4.3. CLASSIFICATION ASCENDANTE HIÉRARCHIQUE	37
<b>5. DISCUSSION</b>	<b>40</b>
5.1. MATÉRIEL UTILISÉ	40
5.1.1. Période d'étude	40
5.1.2. Sélection des élevages	40
5.1.3. Source et qualité de données	41
5.1.4. Variables explorées	41
5.1.5. Définition de la réforme	41
5.2. MÉTHODES	42
5.2.1. Analyse factorielle multiple (AFM)	42
5.2.2. Classification ascendante hiérarchique	42
5.3. RÉSULTATS	42
<b>CONCLUSION</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>46</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>48</b>

# Introduction

---

Notre étude du taux de réforme des vaches en France se situe dans un contexte d'exploitation des données démographiques bovines enregistrées en routine en France. En effet, la tendance est à l'utilisation et à la valorisation de ces données dans un objectif de surveillance non spécifique pour des raisons de rapport coûts/bénéfices intéressants. L'évaluation du potentiel du taux de réforme des bovins comme indicateur sanitaire s'inscrit dans cette démarche. Cependant, il est nécessaire au préalable de décrire la réforme des bovins en France, car cela n'a jamais été réalisé à cette échelle sur l'ensemble des types de production.

Dans une première partie, nous présentons une revue de littérature de la réforme des bovins, sa définition et ses multiples motifs, puis nous expliquons les méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle applicables aux jeux de données complexes.

Dans une deuxième partie, nous présentons notre travail personnel effectué dans l'unité Epidémiologie de l'Anses-Laboratoire de Lyon.

## Synthèse bibliographique

---

### 1. LA REFORME DES VACHES

La réforme des vaches est un élément important de la conduite du troupeau en élevage bovin. La réforme consiste en la sortie de vaches du troupeau, souvent pour une baisse de productivité. Généralement on distingue la réforme volontaire, qui consiste à remplacer les vaches âgées et/ou les moins productives, de la réforme involontaire, qui consiste à remplacer des vaches ayant un problème de santé (au sens large). Les vaches réformées sont remplacées par des animaux jeunes du troupeau ou des animaux introduits en vue d'augmenter ou de maintenir la productivité du troupeau, et/ou d'améliorer ses performances génétiques.

La dynamique de réforme d'un troupeau dépend de la conduite zootechnique mais aussi des aléas sanitaires, de la situation économique de l'exploitation, des ressources humaines disponibles... et est donc particulièrement complexe. L'équilibre entre longévité des vaches, niveau de production, et amélioration génétique du troupeau est important car la réforme a un coût économique élevé. C'est sans doute une des raisons pour lesquelles la littérature concernant la réforme des vaches est abondante.

Afin d'effectuer une revue assez complète et récente de la littérature de la réforme des vaches, nous avons sélectionné les articles les plus pertinents parmi les 150 triés à partir des bases de référencement PubMed et Scopus<sup>1</sup>. Ont ainsi été retenus 24 articles, postérieurs à l'année 2000, et ayant comme objectif premier l'étude des causes ou des facteurs de risque de réforme des vaches. Les études économiques, les articles portant strictement sur la génétique, ainsi les études très ciblées proches d'étude de cas (association entre réforme et mammites à germe spécifique par exemple, réforme et naissance gémellaire...) ont été exclus de notre synthèse.

La plupart des études portant sur les causes et les facteurs de risque de réforme des vaches sont menées à l'échelle de l'individu, et très peu à l'échelle du troupeau (Smith, Ely et al. 2000; Hadley, Wolf et al. 2006; Nor, Steeneveld et al. 2013). De plus, la quasi-totalité des études concernent les vaches laitières, à l'exclusion de deux études concernant les deux types de production, laitier et allaitant (Maher, Good et al. 2008; Gates 2013), et de deux autres études (Rogers, Gaskins et al. 2004; Szabo and Dakay 2009) traitant de

---

<sup>1</sup> Les bases ont été interrogées sur les 40 dernières années à partir des mots clefs suivants : **death OR deaths OR dead OR culling OR survival) AND (cattle OR cow OR cows OR bovine OR beef OR dairy)**

l'élevage allaitant. Deux articles tirés de la revue « Productions animales » de l'Institut national de la recherche agronomique complètent nos connaissances en ce qui concerne l'élevage allaitant (Roche, Dedieu et al. 2001; Liénard, Lherm et al. 2002).

Le nombre d'individus et de troupeaux inclus est très variable d'une étude à l'autre, de quelques centaines d'individus et un seul élevage pour des études de cas (Haworth, Tranter et al. 2008; Bell, Wall et al. 2010) à plusieurs millions d'individus sur l'ensemble des troupeaux d'un pays via l'exploitation des bases de données nationales d'identification et d'enregistrement des mouvements des bovins (Maher, Good et al. 2008; Gates 2013).

Afin de structurer les informations issues de cette diversité, nous présentons dans une première partie les définitions utilisées et les modalités de calcul des taux de réforme trouvés dans la littérature, puis une deuxième partie est consacrée aux causes et facteurs de risque de réforme des vaches.

### 1.1. Réforme, taux de réforme : définitions et usages dans la littérature

De manière générale, la réforme peut être vue comme la sortie, prématurée ou non, de vaches -définies comme les femelles reproductrices et futures reproductrices- du troupeau.

Les motifs de sortie des vaches du troupeau étant nombreux, la définition de la réforme varie selon l'inclusion ou non de certains motifs, et le même terme de « culling » est utilisé pour ces différentes définitions, ce qui complique la comparaison des résultats des études.

Fetrow (Fetrow, Nordlund et al. 2006) a rédigé une revue de littérature de la réforme de vaches laitières dans laquelle il rappelle les définitions et discute les définitions. Il recommande d'inclure dans le terme de réforme l'ensemble des causes de sorties des vaches du troupeau : vente pour l'élevage, abattage et mort en ferme. Pour certains auteurs (Maher, Good et al. 2008) (Hadley, Wolf et al. 2006) cette définition large correspond plutôt à la notion de rotation du troupeau (« turnover »). Aussi réduisent-ils, comme de nombreux auteurs, la définition de la réforme, aux sorties pour abattage ou mort en ferme. Certains auteurs encore plus stricts excluent les vaches mortes en ferme du compte des vaches réformées du troupeau (Pinedo, De Vries et al. 2010) ou traitent séparément les animaux morts (Dechow and Goodling 2008).

Avec une définition aussi variable de la réforme, les valeurs des taux de réforme trouvées dans la littérature sont souvent peu comparables, d'autant que le dénominateur utilisé pour calculer ces « taux » est également variable selon les études.

Le taux vrai de réforme d'un troupeau correspond au ratio du nombre de vaches d'une population réformées pendant une période de temps sur le nombre de vaches à risque d'être réformées pendant cette même période de temps et dans cette population. Le taux vrai intègre ainsi une notion de temps et permet la comparaison entre troupeaux de taille différente.

De manière générale, peu d'études calculent un vrai taux (Pinedo, De Vries et al. 2010) (Azizzadeh 2011), la plupart donnant une proportion de vaches réformées dans une population et/ou sur une période de temps très variables. Selon les auteurs, le nombre de vaches du troupeau est défini comme un nombre moyen de vaches (Smith, Ely et al. 2000), ou le nombre de vaches un jour donné, par exemple le premier jour de la campagne (Fetrow, Nordlund et al. 2006). Maher (Maher, Good et al. 2008) utilise le nombre de naissances durant la campagne, en considérant que c'est une approximation du nombre de vaches productrices.

Avec un numérateur qui varie donc selon les motifs de sorties mais aussi la prise en compte ou non des futures productrices (génisses) dans les animaux réformés, et un dénominateur qui varie également, les valeurs des « taux » de réforme trouvées dans la littérature sont très différentes et souvent difficilement comparables, la plupart étant en fait des proportions de vaches réformées.

Seules deux études calculent un taux vrai. Azizzadeh (Azizzadeh 2011) utilise un taux de réforme des vaches laitières excluant la mortalité, et donne un taux de réforme moyen de 20,9 % dans une étude portant sur 15 élevages iraniens intensifs de grande taille (90 à 610 vaches), les valeurs allant de 12 à 28 % selon les élevages. Pinedo (Pinedo, De Vries et al. 2010) utilise également un taux vrai excluant la mortalité pour décrire la réforme dans 2 054 élevages laitiers de plus de 100 vaches dans une étude dans 38 Etats

américains. En France, le taux de réforme des élevages laitiers de plus de cinq vaches étaient de 21,3 % pour les années 2005-2006 (Raboisson, Cahuzac et al. 2011).

En prenant en compte les femelles sorties pour boucherie et mort en ferme, le « taux » de réforme (proportion de vaches quittant le troupeau) varie de plus de 10 % dans la littérature. Le « taux » est de 19,6 % en moyenne pour Maher (Maher, Good et al. 2008) en Irlande en étudiant l'ensemble du cheptel irlandais sur les années 2003 à 2006. Dans l'étude d'Hadley (Hadley, Wolf et al. 2006) portant sur des données des années 1993 à 1999, le « taux » était de 31,6 % en moyenne pour plusieurs milliers de troupeaux américains. Pour les auteurs prenant en compte toutes les causes de sortie de l'élevage, le « taux de réforme », en fait taux de rotation, peut aller jusqu'à plus de 35 % (Smith, Ely et al. 2000).

Une étude exhaustive (Gates 2013) sur la population de bovins en Angleterre durant trois ans (2006-2008) indique pour sa part des « taux » de réforme (toutes causes de sortie) de 27,5 % en élevage laitier et 20,1 % en élevage allaitant. Cependant, très peu d'études sont disponibles en ce qui concerne l'élevage allaitant : quelques enquêtes ponctuelles sont disponibles en France. Une étude de l'Inra sur dix ans d'observations en races Limousine, Charolaise, et Salers conclut à des « taux » de réforme respectivement de 15,9 %, 19,8 %, et 14 % (Liénard, Lherm et al. 2002), mais la modalité de calcul du taux de réforme n'y est pas précisée. Une autre étude de l'INRA (Roche, Dedieu et al. 2001) relève des « taux » de réforme de 23% en moyenne dans le bassin allaitant limousin, mais dans le cadre d'une enquête postérieure à une politique d'incitation à la réforme.

La distinction entre élevage laitier et allaitant est importante pour comparer les taux de réforme car ces deux types de production, n'ayant pas les mêmes caractéristiques, n'ont pas les mêmes causes et facteurs de risque de réforme.

## 1.2. Motifs et facteurs de risque de réforme

On peut distinguer les motifs de réforme de type involontaire (non prévu et non prévisible) des motifs volontaires prévus et/ou planifiables, ces motifs étant partiellement différents selon l'échelle à laquelle on se place : échelle individuelle et échelle du troupeau.

### La réforme à l'échelle de l'animal

A l'échelle individuelle, les troubles de la reproduction (infertilité, problème au vêlage), les pathologies de la mamelle (mammites notamment), les boiteries, les accidents et maladies sont les motifs de réforme involontaire les plus fréquemment retrouvés en élevages laitiers (Smith, Ely et al. 2000; Hadley, Wolf et al. 2006; Davasaztabrizi 2012), (Dechow and Goodling 2008; Mohammadi and Sedigi 2009; Azizzadeh 2011). En élevage allaitant, peu d'informations sont disponibles. Si les problèmes sanitaires et les troubles de la reproduction restent de fréquents motifs de réforme, d'autres causes un peu différentes sont évoquées. Roche (Roche, Dedieu et al. 2001) relève comme motif de réforme le manque de docilité et de conformation, ainsi que la performance (croissance du veau notamment).

L'âge, que ce soit en production laitière ou allaitante reste un des motifs les plus fréquents de réforme volontaire, de même qu'en élevage laitier un faible niveau de production (Mohammadi and Sedigi 2009; Pinedo, De Vries et al. 2010). Plusieurs études concluent par ailleurs à une augmentation du risque de réforme avec la parité (nombre de mises-bas) de l'animal (Hadley, Wolf et al. 2006; Pinedo, De Vries et al. 2010; Sharifi, Kostoulas et al. 2012).

Si l'on retrouve généralement l'ensemble des motifs de réforme précédemment cités dans différents articles, leur importance relative varie selon les études, notamment en raison du pays, et des types d'élevages inclus. Par exemple, Mohammadi (Mohammadi and Sedigi 2009) recense 0,4 % de réforme pour faible production dans des troupeaux iraniens de grande taille, alors que Pinedo (Pinedo, De Vries et al. 2010) en recense 12 % dans des élevages américains de taille similaire. Dans une étude à grande échelle aux Etats-Unis, Smith (Smith, Ely et al. 2000) retrouve ces causes de réforme mais les proportions de vaches

concernées sont différentes selon la région, la taille et le niveau de production du troupeau. Par exemple, dans les petits troupeaux (25 à 100 bovins), les motifs de réforme sont plutôt les problèmes de reproduction et les mammites que les problèmes locomoteurs.

Des proportions différentes des motifs de réforme sont également décrites selon la parité de l'animal par exemple : les pathologies digestives sont une cause de réforme plus fréquente chez les animaux de parité 1 ou 2, que parmi les animaux de parité 5 ou plus (Azizzadeh 2011).

Les motifs de réforme sont retrouvés dans les études de facteurs de risque car ceux-ci ont été étudiés en majorité à l'échelle individuelle.

Les différents travaux trouvés dans la littérature portent donc essentiellement sur les associations entre des problèmes de santé et la réforme.

Pour Sharifi (Sharifi, Kostoulas et al. 2012), le risque de réforme augmente avec les problèmes de santé : avortement, mammite, boiteries, déplacement de caillette, infection respiratoire, diarrhée...

Plus spécifiquement, les pathologies mammaires, notamment les mammites, sont retrouvées comme facteurs de risque (Beaudeau, Seegers et al. 2000; Bell, Wall et al. 2010; Sharifi, Kostoulas et al. 2012) : il y a 1,3 à 5,2 fois plus de vaches réformées parmi les vaches ayant eu une mammite durant sa lactation que parmi celles qui n'en ont pas eu (Beaudeau, Seegers et al. 2000).

Les pathologies de l'appareil locomoteur -essentiellement les boiteries- sembleraient également favoriser la réforme : il y a 3,4 fois plus de vaches réformées parmi les vaches ayant eu des problèmes locomoteurs que parmi celles qui n'en ont pas eu (Sharifi, Kostoulas et al. 2012).

Concernant les troubles de la reproduction : le risque de réforme augmente pour les animaux ayant avorté (Beaudeau, Seegers et al. 2000; Sharifi, Kostoulas et al. 2012), ayant eu un vêlage dystocique ou une métrite (Beaudeau, Seegers et al. 2000). Hayes (Hayes, Christley et al. 2012) trouve une association entre des troubles du péripartum (vêlage dystocique, veaux mort-nés, rétention placentaire, fièvre vitulaire, gémellité) et la réforme dans les 100 jours après vêlage.

L'effet d'un vêlage dystocique nécessitant l'intervention d'un vétérinaire est retrouvé comme facteur de risque de réforme en élevage allaitant (Rogers, Gaskins et al. 2004). Des études comparant les taux de réforme entre des populations de vaches ayant eu des problèmes au vêlage et des vaches n'en ayant pas eu montrent des résultats similaires (Szabo and Dakay 2009; Bell, Wall et al. 2010).

Mis à part les problèmes de santé, plusieurs éléments zootechniques interagissent avec la réforme des animaux.

Un intervalle vêlage-vêlage long est ainsi associé à un « taux » de réforme élevé (Nor, Steeneveld et al. 2013).

Concernant l'effet de l'âge au premier vêlage, les résultats sont contradictoires selon l'âge des animaux et leur niveau de production (Haworth, Tranter et al. 2008). Bach (Bach 2011) constate seulement que les génisses non réformées durant leur première lactation ont un âge moyen au premier vêlage inférieur à celui des génisses réformées. Dans deux des rares articles s'intéressant à l'élevage allaitant, son effet n'est pas significatif (Rogers, Gaskins et al. 2004; Szabo and Dakay 2009).

En ce qui concerne la saison de vêlage, les études sont également contradictoires. Hadley (Hadley, Wolf et al. 2006) constate une association entre le vêlage au printemps et l'augmentation du risque de réforme. Au contraire, pour Bach (Bach 2011), les génisses vêlant en hiver ou au printemps ont davantage de chance de terminer leur lactation. Cet effet existe aussi en élevage allaitant, les vaches vêlant à l'automne ou en hiver ayant plus de risque d'être réformées que celles vêlant au printemps ou en été (Szabo and Dakay 2009).

Enfin, les études s'intéressant quasi exclusivement aux troupeaux laitiers, des éléments décrivant la composition du lait sont parfois étudiés. Un « taux » de réforme élevé est associé à des comptages cellulaires individuels moyens également élevés (Beaudeau, Seegers et al. 2000; Hadley, Wolf et al. 2006; Nor, Steeneveld et al. 2013).

## La réforme à l'échelle du troupeau

Peu d'études portent sur le taux de réforme à l'échelle du troupeau, échelle qui nécessite l'inclusion d'un grand nombre de troupeaux. La plupart des études sur la réforme sont menées à partir de données d'enquêtes et incluent souvent un nombre réduit de troupeaux. L'utilisation des bases de données nationales d'identification et d'enregistrement des mouvements des bovins permet d'avoir accès à certaines données de l'ensemble des troupeaux d'un pays mais généralement les données sanitaires et de production ne sont pas disponibles. Malgré tout, ces bases sont de plus en plus exploitées. Ainsi, en Irlande, Maher (Maher, Good et al. 2008) a étudié l'évolution du nombre de bovins et leur réforme sur quatre ans. Deux auteurs les ont utilisées pour des questions de génétique et de reproduction des bovins de Grande Bretagne (Gates 2013; Pritchard, Coffey et al. 2013). En France également, la Base de Données Nationales d'Identification a été utilisée pour différentes études (Raboison, Cahuzac et al. 2011).

Les motifs de réforme à l'échelle du troupeau correspondent à la motivation de l'éleveur à moduler à la hausse ou à la baisse son taux de réforme de manière volontaire ou pas. Les troubles sanitaires par exemple, engendrent un taux de mortalité plus élevé, et l'éleveur peut être amené à diminuer son taux de réforme pour compenser cette perte. Le taux de réforme peut également être élevé par choix, pour maintenir un haut niveau de production, améliorer la génétique, ou réduire une taille de troupeau (Nor, Steeneveld et al. 2013). De même il peut être abaissé volontairement en vue d'augmenter une taille de troupeau.

Certaines caractéristiques du troupeau semblent influencer le « taux » de réforme. La force d'association entre taux de réforme et variables d'élevage est cependant rarement disponible dans la littérature.

Hadley (Hadley, Wolf et al. 2006) a étudié l'effet de la présence de génisses de plus de 13 mois (et leur nombre par rapport à la taille du troupeau) sur le taux de réforme, en faisant l'hypothèse que ces génisses sont susceptibles de vêler dans les 10 à 13 mois et donc que l'éleveur a des remplaçantes disponibles. Effectivement, le fait d'avoir des génisses disponibles pour le renouvellement du troupeau tend à augmenter le taux de réforme du troupeau.

Le « taux » de réforme augmente également avec le niveau de production du troupeau (Smith, Ely et al. 2000; Hadley, Wolf et al. 2006) : la proportion de vaches réformées dans les troupeaux produisant plus de 9 072 kg en moyenne par an est de 36 %, contre seulement 34,2 % dans les troupeaux produisant moins de 7 258 kg en moyenne par an (Smith, Ely et al. 2000).

Dans certaines études, le « taux » de réforme augmente avec la taille du troupeau producteur (Smith, Ely et al. 2000; Hadley, Wolf et al. 2006; Dechow and Goodling 2008; Pinedo, De Vries et al. 2010). Smith (Smith, Ely et al. 2000) trouve une proportion de réforme de 33,1 % dans les troupeaux de moins de 100 vaches et de 37,9 % dans les troupeaux de plus de 300 vaches.

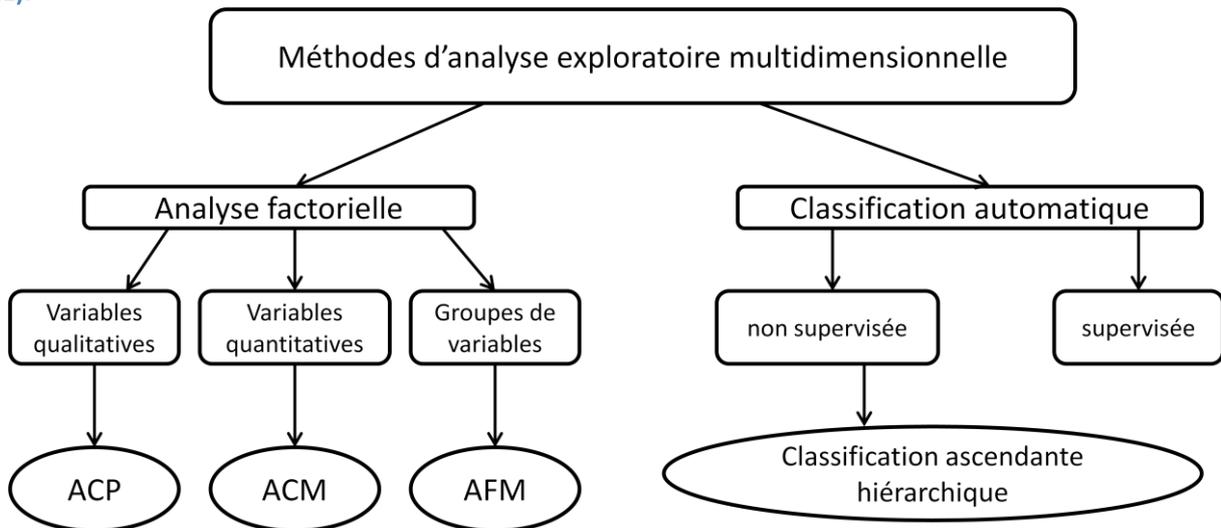
Enfin, le « taux » de réforme est plus élevé dans les troupeaux achetant plus de 1% d'animaux dans l'année (Nor, Steeneveld et al. 2013).

Les facteurs influençant la réforme des vaches sont nombreux, plus ou moins corrélés (âge et parité par exemple) et dépendants des caractéristiques des élevages étudiés et des pays. Dans la plupart des études de facteurs de risque, les analyses font appel aux modèles linéaires généralisés ou aux modèles de survie, lesquels nécessitent, si de trop nombreuses variables sont disponibles, une sélection préalable des variables non corrélées jugées les plus pertinentes. Cette sélection est généralement réalisée par des tests univariés sans que les articulations entre les différentes variables soient bien connues, ce qui peut entraîner une perte d'information. Malgré une littérature abondante sur la réforme des vaches, les méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle ne sont pas utilisées dans ce contexte alors qu'elles sont particulièrement bien adaptées à la description de grands jeux de données complexes.

## 2. LES METHODES D'ANALYSE EXPLORATOIRE MULTIDIMENSIONNELLE

Le principe des méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle est de découvrir, sans a priori, la structure d'un ensemble de variables, à travers des observations organisées en tableaux. Ces méthodes permettent de décrire de grands jeux de données en réduisant l'information disponible pour la rendre compréhensible (Lebart, Piron et al. 2006). Trois grandes familles de méthodes sont généralement utilisées pour traiter des tableaux de données : les méthodes d'analyse factorielle, les méthodes de classification non supervisée et les méthodes de classification supervisée (figure 1). Seules les deux premières méthodes, et plus spécifiquement l'analyse factorielle multiple (AFM) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) seront traitées ici.

Figure 1 : Schématisation des différentes méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle, d'après (Dupuy 2011).



### 2.1. Les méthodes d'analyse factorielle

#### 2.1.1. Principe général

Différentes méthodes d'analyse factorielle sont utilisées, selon l'organisation des données (nombre de tableaux, organisation des individus et des variables au sein de(s) tableau(x)), et la nature des variables (qualitative, quantitative ou ordinale) à étudier.

Ainsi l'analyse en composantes principales (ACP) est appliquée aux données organisées en tableau simple de variables quantitatives avec des individus en lignes ; l'analyse des correspondances multiples (ACM) est destinée à l'exploration des données qualitatives scindées en classes et organisées en tableau simple. Lorsqu'un groupe d'individus est décrit par plusieurs groupes de variables de même nature, une AFM est mise en place.

Toutes ces méthodes peuvent cependant être considérées comme des cas particuliers d'une analyse factorielle « générale » visant à chercher les principaux axes d'inertie (appelés aussi axes d'allongement maximaux) des deux ensembles de points pondérés (ou nuages de points) associées aux  $n$  individus et  $p$  variables d'un tableau (Pagès 2002). La différence entre les méthodes réside dans le procédé utilisé pour construire les nuages de points et mesurer leur inertie.

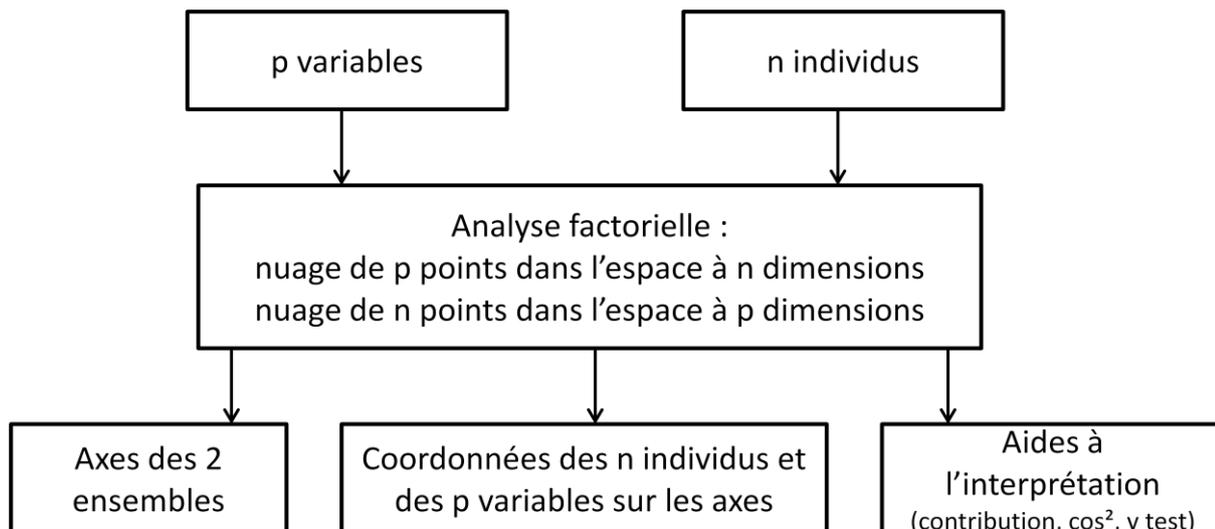
L'AFM permet de prendre en compte une structuration des variables en plusieurs groupes ou thèmes au sein desquels les variables sont de même nature (qualitative ou quantitative) et d'équilibrer a priori l'influence

des groupes. Le principe général est d'harmoniser les inerties maximales des nuages associés aux différents groupes. L'AFM fonctionne alors comme une ACM pondérée dans le cadre de groupes de variables qualitatives et comme une ACP pour les groupes de données quantitatives avec un jeu de pondérations pour équilibrer l'influence des variables selon leur nature (Pagès 2002).

### 2.1.2. Interprétation

La figure 2 représente schématiquement les différents résultats obtenus suite à une analyse factorielle.

Figure 2 : Schématisation des résultats d'une analyse factorielle, d'après(Dupuy 2011).



Chaque facteur, axe factoriel de l'analyse, peut être assimilé à une droite de régression dans l'espace, et les points les plus proches de l'axe sont ceux qui contribuent le plus à sa formation. Les axes factoriels créés sont visualisables deux par deux sur des graphiques représentant plan par plan les variables. L'interprétation des résultats se fait ainsi plan par plan. Le plan choisi résume une proportion de la variance totale du nuage de points. En général, la description graphique est réalisée sur les trois premiers axes, qui expliquent le plus souvent une grande partie de la variance.

En plus de contribuer à la formation des axes, les points y sont par ailleurs plus ou moins bien représentés. Pour interpréter un axe factoriel, on se focalise tout d'abord sur les points ayant contribué de façon importante à sa formation, c'est-à-dire qui ont les valeurs des contributions les plus fortes. Puis les points les mieux représentés sur cet axe sont recherchés, par observation des valeurs du cosinus carré ( $\cos^2$ ) : plus celui-ci est fort (proche de 1), plus le point est bien aligné sur l'axe et illustre bien cet axe. Enfin, le sens dans lequel les points ont contribué à l'axe est indiqué par le signe (positif ou négatif) de la valeur test (pour les variables qualitatives) ou de la corrélation (pour les variables quantitatives) (Volle 1993).

Il est important de noter qu'il n'existe pas de valeurs « seuils » pour les contributions et les cosinus carrés : les appréciations se font empiriquement en fonction de l'ensemble des valeurs calculées et varient d'un jeu de données à un autre (Lebart, Piron et al. 2006).

Une validation de l'analyse factorielle peut être réalisée par le positionnement de variables ou d'individus supplémentaires illustratifs, ne contribuant pas à la création des axes, mais permettant de les valider si leurs positions sont significatives.

## 2.2. Une méthode de classification : la classification ascendante hiérarchique

Les méthodes de classification automatiques se divisent en deux groupes : les classifications supervisées et non supervisées, elles-mêmes réparties en classification descendante et ascendante. Seule la classification ascendante hiérarchique (CAH) sera abordée ici.

### 2.2.1. Principe général

Les méthodes de classification permettent de regrouper des individus en des groupes homogènes pour certains critères. Comme pour les méthodes d'analyse factorielle, elles diffèrent selon la nature des variables observées pour chaque individu, et le choix des distances inter-individus et inter-groupes.

Pour la classification, il est nécessaire :

- de connaître les variables observées pour chaque individu à classer,
- de définir une distance entre individus,
- de définir une distance entre groupes d'individus.

Le but d'une classification est d'obtenir un nombre optimal de classes bien différenciées et stables.

La CAH aboutit à un arbre hiérarchique, construit petit à petit par agrégation des individus les plus semblables en classes, elles-mêmes agrégées peu à peu de proche en proche jusqu'à l'obtention d'un groupe unique.

Une fois l'arbre hiérarchique construit, il est nécessaire de choisir un nombre de classes optimal pour la description des individus. Le nombre de classes le plus pertinent doit permettre d'obtenir des profils-types utilisables en pratique et ayant un sens biologique.

Ce choix est généralement réalisé par examen visuel de l'arbre hiérarchique et de l'histogramme correspondant. Le choix correspond à un niveau de l'histogramme où le palier est important et marqué, les classes étant alors mieux différenciées et plus significatives.

Dans la CAH, l'agrégation est effectuée grâce à un algorithme, et pour cette raison, il est nécessaire de consolider les classes obtenues pour être d'obtenir des classes plus stables. Cette consolidation de la partition recalcule les centres des classes, et la distance de chaque individu à chaque centre. L'individu est alors éventuellement réaffecté à une autre classe ayant un centre plus proche que le centre de la classe à laquelle il avait initialement été affecté.

Des méthodes permettent d'améliorer les performances du calcul nécessaire à la création de la classification, notamment en réalisant une partition des données au préalable permettant de réduire le nombre d'individus et donc les temps de calcul. L'une de ces méthodes est l'agrégation autour des centres mobiles (k-means). Cette méthode consiste à réaliser, préalablement à la classification, une partition des individus en un nombre de classes choisies. Ces classes réunissent des individus proches, groupés autour du centre de leur classe et la CAH est réalisée à partir des coordonnées de ces nouveaux individus.

### 2.2.2. Interprétation

La description des classes obtenues est réalisée à partir des variables significativement associées à la classe en fixant généralement le risque d'erreur de première espèce à 5%.

Classiquement pour chaque modalité de variable qualitative significative, trois valeurs sont observées : valeur test (v-test), proportion des individus de la population ayant la modalité, proportion des individus de la classe ayant la modalité.

La valeur test permet de classer les modalités de variables, des plus corrélées à la classe aux moins corrélées, selon sa valeur en valeur absolue. Le signe (+/-) permet de voir quelles sont les modalités de variable qui sont plutôt/plutôt pas représentatives de la classe.

La proportion des individus de la population ayant la modalité indique quelle part (pourcentage) de tous les individus présentant cette modalité se retrouve dans cette classe (abréviation « Cla/Mod » dans le logiciel R, package FactoMineR).

La proportion des individus de la classe ayant la modalité indique quelle part de la classe est constituée des individus présentant cette modalité, ce qui donne ensuite une idée de la composition de la classe par rapport à la composition de la population (abréviation « Mod/Cla » dans le logiciel R, package FactoMineR).

Pour les variables quantitatives, cinq indicateurs sont observés : moyenne et écart-type de la variable dans la classe, moyenne et écart-type de la variable dans la population, ainsi que la valeur test. La valeur absolue de la valeur test permet d'identifier les variables les plus caractéristiques de la classe, tandis que son signe permet de repérer quelles sont les moyennes des variables dans la classe qui sont supérieures (signe positif)/inférieures (signe négatif) aux moyennes des variables dans la population.

Pour conclure, selon la nature des données et leur organisation, différentes méthodes d'analyse des données sont utilisées et peuvent être combinées pour améliorer les résultats.

Classiquement, différentes méthodes sont associées, en réalisant une analyse en deux temps principaux. Ces deux temps correspondent à deux méthodes de description et d'exploration des tableaux de données, l'une étant la continuité de l'autre :

- une méthode d'analyse en axes principaux ou analyse factorielle
- une méthode de classification

La méthode d'analyse en axes principaux permet de structurer des données, avant l'utilisation de la méthode de classification qui permet de regrouper les individus les plus proches en maximisant la distance entre les différents groupes d'individus.

L'association de ces deux méthodes permet donc une analyse plus performante de gros jeux de données complexes classiquement rencontré en épidémiologie où l'exploration de nombreux facteurs de risque est assez fréquente.

# Travail personnel

---

La dynamique de réforme dans un élevage est le résultat de la combinaison d'un nombre important de facteurs notamment sanitaires (mortalité, achats) et zootechniques (type de production, races bovines sélectionnées). Certains de ces facteurs peuvent être extraits des données de la Base de Données Nationales d'Identification des bovins, qui contient un grand nombre d'informations sur les bovins et les exploitations bovines, et notamment des données permettant de calculer les taux de réforme des vaches en France.

## 3. MATERIEL ET METHODES

### 3.1. Matériel

#### 3.1.1. Données et population d'étude

##### Source de données

La Base de Données Nationale d'Identification (BDNI) a été créée en 2000 par obligation réglementaire européenne afin d'assurer la traçabilité de l'ensemble des mouvements (naissance, achat, vente, prêt) des bovins en France.

La BDNI centralise les déclarations de mouvements et d'identification des animaux réalisées par les éleveurs. Les données individuelles disponibles concernant l'animal sont le numéro d'identification unique (IPG), le sexe, la date de naissance, l'identifiant de l'exploitation (n° EDE) de naissance, le code race et les codes races des parents.

Concernant les mouvements, la BDNI contient pour chaque mouvement l'IPG du bovin concerné, l'EDE de l'exploitation d'entrée, les causes d'entrée (naissance, achat, prise en pension) et de sortie (mort, abattage, vente, mise en pension) de l'exploitation ainsi que les dates d'entrée et de sortie.

##### Sélection des élevages

Les données ont été travaillées grâce au logiciel MySQL et son interface Toad (version 7.0).

La population d'étude était représentée par l'ensemble des élevages bovins de France Métropolitaine uniquement. En effet, les exploitations des DOM-TOM ont des pratiques d'élevage différentes de celles de métropole et sont exposés à des dangers sanitaires différents, et ne sont, de ce fait, pas comparables aux élevages de métropole.

Dans un premier temps, un regroupement des élevages a été réalisé en fonction du type de production des élevages. Cette typologie d'élevage a été inspirée de celle utilisée dans le cadre du projet OMAR-pilote (ESA 2014), elle-même adaptée de celle proposée par l'Institut de l'Élevage en 2005 (Perrot 2005). Le détail de la création de cette typologie est disponible en annexe 1. Cette typologie a permis d'identifier neuf groupes : les très petits élevages, les élevages allaitants naisseurs-engraisseurs, les élevages allaitants naisseurs, les élevages laitiers naisseurs-engraisseurs, les élevages laitiers naisseurs, les élevages mixtes naisseurs-engraisseurs, les élevages mixtes naisseurs, les élevages engraisseurs et les élevages à production bovine indéterminée (ceux qui n'entrent pas dans la définition des autres catégories). La typologie été réalisée pour les campagnes de production 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012.

Les élevages inclus dans l'étude correspondaient aux élevages ayant eu au moins un bovin présent au moins un jour pendant la campagne 2010-2011 allant du 5 Juillet 2010 au 3 Juillet 2011<sup>2</sup>. Ces élevages devaient avoir eu au moins 10 naissances issues de vaches laitières et/ou allaitantes pendant cette campagne, et n'avoir changé ni de type de production ni de taille au cours de trois campagnes successives.

---

<sup>2</sup> La campagne est constituée de semaines entières, donc les dates ne sont pas fixes d'une année sur l'autre. Le choix de travailler en semaines entières a été guidé par le calcul du temps de présence des animaux qui est moins consommateur de temps de calcul et de mémoire vive en travaillant en semaines plutôt qu'en jours (ce qui serait nécessaire pour avoir une campagne du 01/07/X au 30/06/X+1).

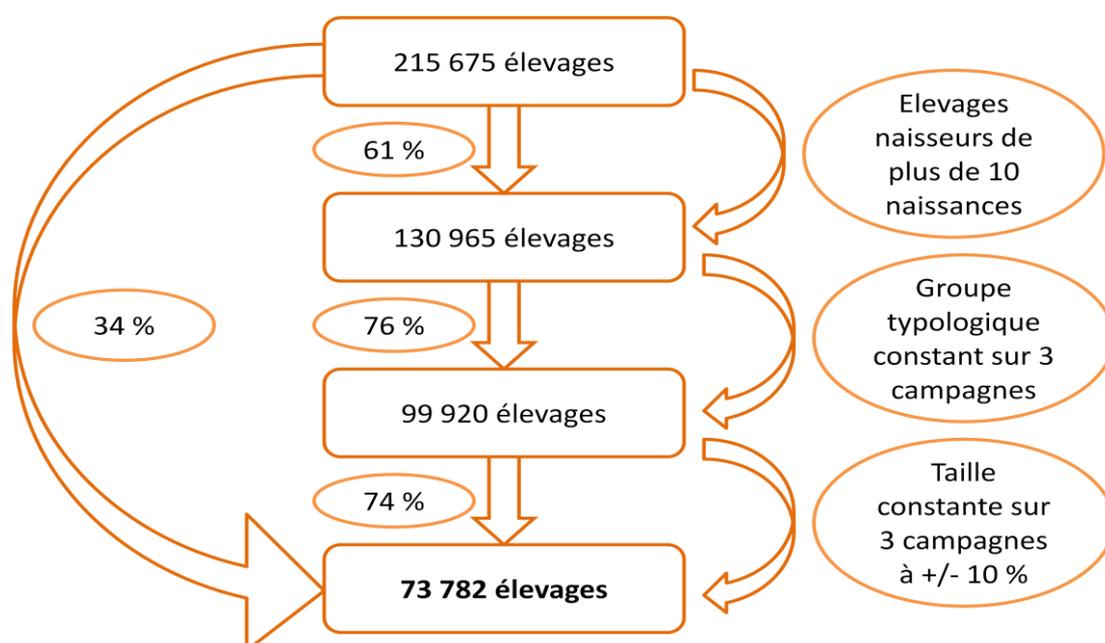
Ainsi, les très petits élevages, les élevages engraisseurs et les élevages à production bovine indéterminée ont été exclus de l'étude car ils ne remplissaient pas les conditions du nombre minimal de naissances requis. Les élevages ayant changé de groupe typologique entre les campagnes 2009-2010 et 2010-2011, et entre 2010-2011 et 2011-2012 ont été exclus de l'étude.

Enfin, les élevages dont la taille variait de manière importante au cours de la période d'étude ont été également exclus. Ces élevages avaient un nombre de naissances ou un nombre moyen hebdomadaire de femelles de deux ans et plus sur la campagne qui variait de plus de 10 % entre les campagnes 2009-2010 et 2010-2011 et/ou entre les campagnes 2010-2011 et 2011-2012.

Cette sélection des élevages est résumée par la figure 3.

**Au final, 73 782 élevages ont été inclus dans l'étude, soit 34 % du total des élevages recensés en France métropolitaine pour la campagne 2010-2011.**

Figure 3 : Processus de sélection des élevages.



### 3.1.2. Création des variables potentiellement liées à la réforme des vaches

Sur la base des éléments trouvés dans la littérature et de nos connaissances personnelles, un ensemble de variables a été créé à partir des données de la BDNI, à l'échelle de l'élevage, et pour la campagne 2010-2011. Notre étude de la réforme s'intéressait aux femelles de deux ans et plus, et le terme femelle utilisé dans la suite du texte sous-entend cette définition. Pour les calculs, nous avons considéré comme animal réformé toute femelle de deux ans et plus quittant l'élevage pour abattage, ou vendue à un autre élevage pour une autre cause mais abattue dans les six mois suivants cette vente sans avoir vêlé entre-temps.

Pour chaque élevage le nombre moyen de femelles de deux ans et plus a été défini comme le nombre de jours de présence hebdomadaire des femelles de deux ans et plus dans l'élevage sur la campagne divisé par 365 ; cette variable est appelée *nombre moyen de femelles* dans la suite du texte.

Trois descripteurs de la réforme au sens large ont été calculés, exprimés pour 100 bovins-année<sup>3</sup> ont été calculés :

- Le *taux de réforme* au sens strict : ce taux a été calculé comme le ratio du nombre de femelles réformées durant la campagne sur le *nombre moyen de femelles*, multiplié par 100.
- Le *taux de réforme et mortalité* : il est égal au ratio du nombre de femelles réformées ou mortes durant la campagne sur le *nombre moyen de femelles*, multiplié par 100.
- Le *taux de rotation* est égal au ratio du nombre de femelles réformées, mortes ou vendues pour l'élevage (c'est-à-dire toutes les femelles de deux ans et plus sorties de l'élevage, quelle que soit la raison) sur le *nombre moyen de femelles*, multiplié par 100.

Afin de faciliter la comparaison entre ces taux, deux ratios ont été créés :

- ratio du taux de réforme sur taux de réforme et mortalité,
- ratio du taux de réforme et mortalité sur taux de rotation.

Afin de représenter le type de production de l'élevage, trois variables ont été construites en plus du groupe typologique précédemment défini :

- Le *nombre de races* présentes dans l'élevage (types allaitant et laitier confondus hors croisement codé 39) pour les femelles de deux ans et plus, en trois modalités : zéro<sup>4</sup> ou une race, deux races, trois races et plus ;
- La *race majoritaire allaitante*, qui correspondait à la race d'au moins 50% des femelles de type allaitant de deux ans et plus. Elle était déclinée en cinq modalités : sans objet (pas de femelle allaitante dans l'élevage), aucune (pas de race majoritaire allaitante), Charolais, Limousin, Blonde d'Aquitaine, autre (autre race allaitante) ;
- La *race majoritaire laitière*, qui correspondait à la race d'au moins 50% des femelles de type laitier de deux ans et plus. Les cinq modalités étaient : sans objet (pas de femelle laitière dans l'élevage), aucune (pas de race majoritaire laitière), Prim'Holstein, Montbéliarde, Normande, autre (autre race laitière).

Quatre variables ont été créées pour mieux caractériser les ateliers de l'élevage :

- Le *nombre moyen de femelles* tel que défini précédemment.
- Le ratio du nombre de naissances enregistrées pendant la campagne sur le nombre de femelles ayant été présentes au moins un jour dans l'élevage. Cette variable avait pour but d'évaluer l'activité de naisseur de l'élevage. Nous avons estimé que, lorsque le ratio était élevé, la plupart des femelles de l'élevage vèlaient durant la campagne ; quand le ratio était faible, cela signifiait que beaucoup de femelles passaient par l'élevage sans mettre bas (comme dans le cas d'un élevage engraisseur). Ce ratio correspond à la variable « *activité de naisseur* » et est désigné par ce terme dans la suite du texte.
- Le ratio du nombre de femelles ayant été présentes au moins un jour dans l'élevage sur le *nombre moyen de femelles*. Cette variable a permis d'évaluer la pratique de l'engraissement de femelles. Plus le ratio était faible, plus la rotation était importante, et l'élevage plutôt de type engraisseur de femelles. Inversement plus le ratio était élevé, moins la rotation des femelles était importante dans l'élevage. Cette variable est dénommée « *engraissement de femelles* » dans la suite du texte.
- Le ratio du nombre de mâles vendus en boucherie sur le nombre de naissances. Cette variable a permis d'évaluer l'activité d'engraissement de mâles. Plus le ratio était élevé, plus l'activité d'engraissement de mâles était importante comparée à l'activité de naisseur. Cette variable est appelée « *engraissement de mâles* » dans la suite du texte.

---

<sup>3</sup> Le terme bovin-année est générique, les bovins en question pouvant être selon la catégorie d'âge et de sexe étudiée des femelles de deux ans et plus, des femelles de 6 à 24 mois, des bovins de 0 à 21 jours.

<sup>4</sup> Nombre de races à l'exception des races croisées (code 39). Le nombre de races d'une exploitation ne possédant que des animaux croisés est donc 0.

Six variables permettant de décrire une partie des pratiques zootechniques d'élevage ont été créées :

- La moyenne pondérée des intervalles vêlage-vêlage des femelles de l'élevage : pour chaque femelle de chaque exploitation, l'intervalle vêlage-vêlage moyen a été calculé en prenant en compte les vêlages durant la campagne 2010-2011 et les vêlages immédiatement précédant et suivant cette campagne. Ainsi, certaines femelles avaient trois intervalles vêlage-vêlage disponibles pour calculer leur intervalle vêlage-vêlage moyen, alors que d'autres animaux n'en avaient qu'un. Le calcul de l'intervalle vêlage-vêlage moyen du troupeau a été calculé en pondérant l'intervalle vêlage-vêlage moyen de chaque femelle par le nombre d'intervalles vêlage-vêlage disponibles pour les femelles. Cette variable est appelée « *intervalle vêlage-vêlage moyen* » dans la suite du texte et est exprimée en jours.
- La *proportion de primo vêlages*, égale au ratio du nombre de primo vêlages sur le nombre de vêlages pendant la campagne.
- La *parité médiane* des femelles présentes pendant la campagne.
- L'*âge médian au premier vêlage* des femelles présentes pendant la campagne, exprimé en années.
- L'*âge moyen* (en années) des femelles présentes pendant la campagne : il a été calculé comme la somme des âges hebdomadaire sur la campagne divisée par le nombre de femelles participant au calcul (femelles de 2 ans et plus ayant été présentes au moins une semaine dans cette catégorie d'âge pendant la campagne).
- Le ratio du nombre de naissances d'animaux croisés de code race 39 sur le nombre de naissances. Cette variable a été considérée comme pouvant être un indicateur d'auto-renouvellement (peu de naissances croisées). Ce ratio est désigné comme la « *proportion de naissances croisées* » dans la suite du texte.

Pour prendre en compte le niveau sanitaire des élevages, cinq variables ont été calculées :

- Le *taux de mortalité des femelles* de 2 ans et plus pour 100 bovins-année calculé comme le ratio du nombre de femelles mortes durant la campagne sur le nombre moyen de femelles.
- Le *taux de mortalité des génisses* âgées de 6 à 24 mois (pour 100 bovins-année) : ratio du nombre de génisses mortes durant la campagne sur le nombre moyen de génisses, le nombre moyen de génisses étant calculé de la même façon que le nombre moyen de femelles.
- Le *taux<sup>5</sup> de mortalité des veaux* de moins de 21 jours (pour 100 bovins-année) est égal au ratio du nombre de veaux (mâles et femelles) morts durant la campagne par le nombre moyen de veaux ; ce nombre moyen de veaux est calculé de façon similaire au nombre moyen de femelles.
- Le ratio du nombre d'achats sur le nombre de naissances durant la campagne : il a été créé pour évaluer l'intensité des mouvements des bovins par rapport à la taille du troupeau, en faisant l'hypothèse que les introductions d'animaux en nombre pouvaient contribuer à dégrader l'état sanitaire du troupeau. Plus le ratio était élevé, plus l'éleveur achetait d'animaux. Ce ratio est appelé *ratio d'achats* dans la suite du texte.

---

<sup>5</sup> Le taux est exprimé en « pour 100 bovins-années » : cela correspond au nombre de morts qui seraient observés pour une population de 100 bovins dans la catégorie d'âge et de façon constante sur l'année. Le chiffre n'est pas directement interprétable pour les catégories d'âge inférieures à l'année car ces chiffres sont régulièrement supérieurs à 100 (et il semble donc qu'il meurt plus de veaux qu'il n'en existe). Par exemple pour la catégorie d'âge 0-21 jours, le temps maximal de participation d'un animal à cette catégorie est de 21 jours s'il ne meurt pas dans cette catégorie d'âge. Donc pour arriver à 100 bovins-années dans cette catégorie d'âge il faut 1738 ( $365/21 \times 100$ ) veaux qui vivraient 21 jours au cours d'une année donnée.

Enfin, sept variables décrivant la réforme des femelles ont été créées :

- L'*âge médian à la réforme* (en années) dans le troupeau.
- La *parité médiane à la réforme*.
- L'intervalle de temps écoulé entre le dernier vêlage de l'animal et sa réforme pour les pares. Cet intervalle de temps est exprimé en jours et est appelé *intervalle vêlage-réforme* dans la suite du document.
- L'intervalle de temps entre la date anniversaire des 2 ans de l'animal et sa réforme pour les nullipares est également exprimé en jours et appelé *intervalle deux ans-réforme* dans la suite du document.
- La proportion de nullipares parmi les femelles réformées, c'est-à-dire le ratio du nombre de nullipares réformées sur le nombre de femelles réformées. Cette variable est dénommée *proportion de nullipares réformées* dans la suite du texte.
- Le ratio du nombre d'achats de femelles de tout âge sur le nombre moyen de femelles, qui permettait d'identifier les élevages achetant leur renouvellement. Plus le ratio était élevé, plus l'éleveur était acheteur de femelles ; plus le ratio était bas, moins l'éleveur achetait de femelles et donc plus il élevait ses génisses pour le renouvellement. Cette variable est appelée *ratio d'achats de femelles* dans la suite du texte.
- L'*âge médian au premier vêlage des femelles réformées* (en années).

## 3.2. Méthodes

L'analyse a été réalisée au moyen d'une analyse factorielle multiple (AFM) multi-blocs, suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH). L'ensemble des analyses a été réalisé avec le logiciel R (3.0.2) et l'interface R studio (R Core Team 2012).

Le risque d'erreur de première espèce a été fixé à 0,05.

### 3.1.3. Analyse factorielle multiple

Nous avons réalisée une AFM multiblocs au moyen du package FactomineR. Les variables à expliquer ont été introduites en variables projetées (passives), de même que certaines variables illustratives du type de production de l'élevage. La description des sept blocs de variables passives est disponible dans les tableaux 1 a et b.

**Tableau 1 : Description des blocs des variables passives a) quantitatives continues, b) qualitatives.**

a)

Blocs	Définitions des variables	Abréviations	Unités
1	Taux de réforme	reforme	
2	Taux de réforme et mortalité	culling	Pour 100 bovins-année
3	Taux de rotation	rotation	
4	Ratio du taux de réforme sur taux de réforme et mortalité	Rrefcul	
5	Ratio du taux de réforme et mortalité sur taux de rotation	Rculrot	

b)

Blocs	Variables	Abréviations pour l'AFM	Modalités
6	Groupe typologique	groupe_typo	Allaitant naisseur, allaitant naisseur-engraisseur, laitier naisseur, laitier naisseur-engraisseur, mixte naisseur, mixte naisseur-engraisseur
	Nombre de races	nbrace	0 ou 1, 2, 3 et plus
7	Race majoritaire allaitante	raceA	Charolais, Limousine, Blonde d'Aquitaine, autres, aucune, sans objet*
	Race majoritaire laitière	raceL	Prim'holstein, Montbéliarde, Normande, autres, aucune, sans objet*

\*Aucune : élevages n'ayant pas de race majoritaire. Sans objet : élevages non concernés car n'ayant pas de femelles de ce type de production.

Les variables actives ont été réparties en quatre blocs : groupe de l'élevage, zootechnie, sanitaire et réforme. La description de ces blocs est présentée dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Description des blocs des variables actives ; toutes les variables sont quantitatives.**

Blocs	Variables	Abréviations pour l'AFM	Unités
<b>Groupe de l'élevage</b>	Nombre moyen de femelles	nbfem	
	Activité de naisseur	RnaiF	
	Engraissement de femelles	RengF	
	Engraissement de mâles	RengM	
<b>Zootechnie</b>	Intervalle vêlage-vêlage moyen du troupeau	ivv	jours
	Proportion de primo vêlages	Rprimovel	
	Parité médiane du troupeau	parite	
	Age médian au premier vêlage	age_primo	années
	Age moyen du troupeau	age_moyen	années
	Proportion d'animaux croisés	Rnaicro	
<b>Sanitaire</b>	Taux de mortalité des femelles	txmortF	pour 100 bovins- années
	Taux de mortalité des génisses	txmortG	
	Taux de mortalité des veaux	txmortV	
	Ratio d'achats	Rachat_nai	
<b>Réforme</b>	Age médian à la réforme	age_reforme	années
	Parité médiane à la réforme	parite_ref	
	Intervalle médian vêlage-réforme	vel_ref	jours
	Intervalle médian deux ans-réforme	deuxans_ref	jours
	Proportion de nullipares réformées	RrefG	
	Ratio d'achats de femelles	RachatF	
	Age médian au premier vêlage des femelles réformées	age_primo_ref	années

### *3.1.4. Classification ascendante hiérarchique*

La classification a été réalisée en utilisant les coordonnées des individus obtenues par l'AFM sur l'ensemble des axes expliquant 95 % de la variance au moyen de la méthode AGNES (AGglomerative NESTing).

Tout d'abord, afin de réduire le jeu de données, nous avons réalisé une première agrégation autour de 35 000 centres mobiles en fixant à 50 le nombre maximal d'itérations de l'algorithme. Puis la classification ascendante hiérarchique a été effectuée sur les coordonnées de ces 35 000 nouveaux individus statistiques grâce à la méthode AGNES (métrique euclidienne, méthode de Ward). Le nombre de classes a été choisi par examen visuel de l'arbre hiérarchique et par observation des paliers de l'histogramme. La consolidation des classes a alors été réalisée par une nouvelle agrégation autour des centres mobiles.

## 4. RESULTATS

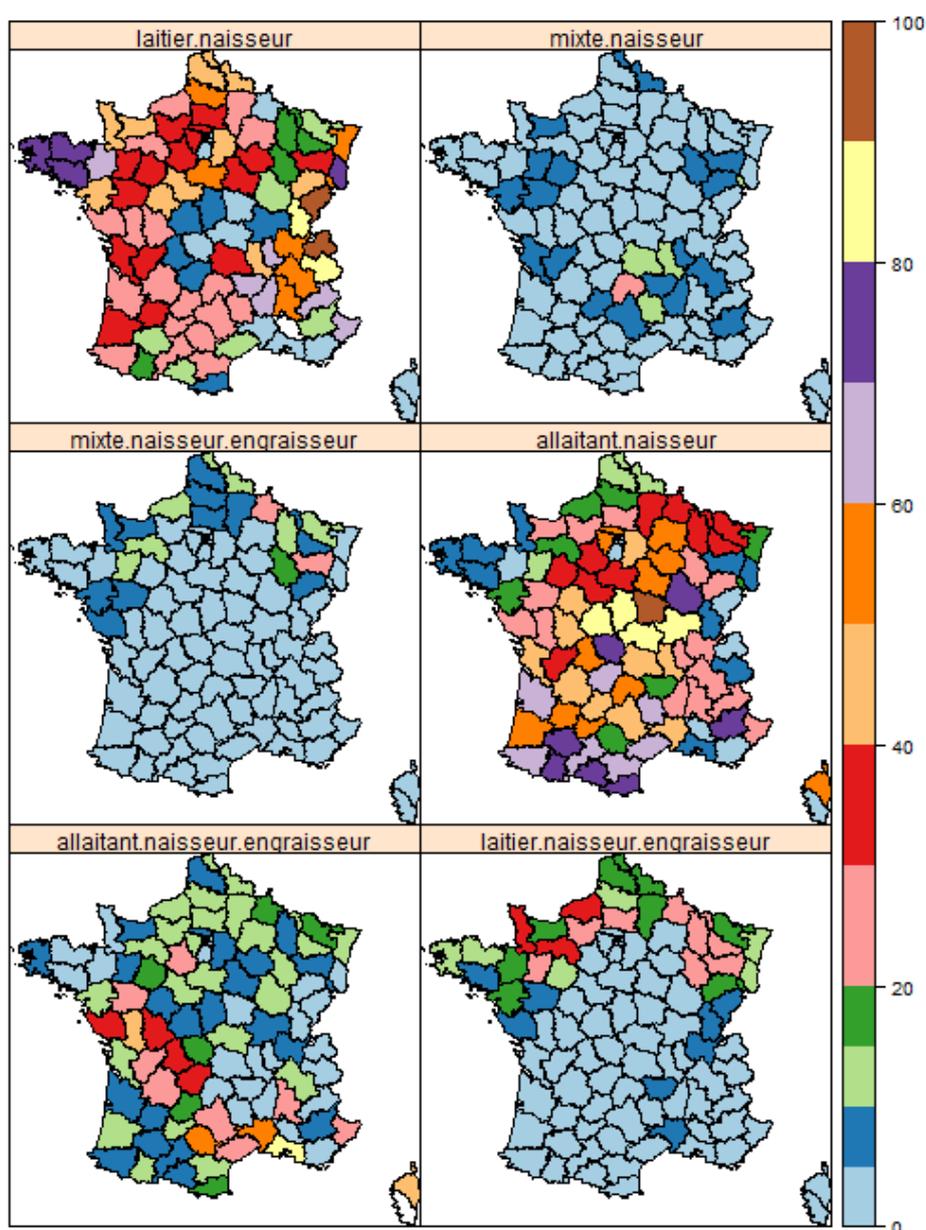
Les résultats sont présentés en trois parties : une description des variables sélectionnées sur l'ensemble des exploitations retenues, les résultats de l'analyse factorielle multiple et enfin les résultats de la classification avec la description et l'interprétation des classes obtenues.

### 4.1. Description des données

73 782 élevages ont été inclus dans l'étude.

Ils étaient essentiellement présents en région Auvergne (figure 4). Les grands bassins de production étaient bien représentés : régions Bretagne, Rhône-Alpes, Franche-Comté et Nord-Pas de Calais pour les élevages laitiers, région Bourgogne et Sud-Ouest pour les élevages allaitants, région Auvergne pour les élevages mixtes.

Figure 4 : Distribution des élevages inclus dans l'étude dans les différents groupes typologiques en proportion (%) du nombre d'élevages présents dans chaque département pour la campagne 2010-2011.



Les élevages inclus étaient répartis en proportion égale en élevages laitiers et allaitants, alors que les élevages mixtes étaient très minoritaires (8%) (tableau 3).

**Tableau 3 : Distribution des élevages selon leur groupe typologique.**

	Groupe typologique					
	Allaitant naisseur-engraisseur	Allaitant naisseur	Laitier naisseur-engraisseur	Laitier naisseur	Mixte naisseur-engraisseur	Mixte naisseur
<b>Nombre d'exploitations</b>	8 653	26 891	6 225	26 362	2 354	3 297
<b>Proportion (en %)</b>	12	36	8	36	3	5

Concernant les races bovines, dans plus de la moitié des élevages une seule race bovine était présente. Pour 25% des élevages allaitants, il s'agissait de la race Charolaise, et pour environ un tiers des élevages laitiers, il s'agissait de la race Prim'Holstein (tableaux 4 et 5).

**Tableau 4 : Distribution des races majoritaires allaitantes parmi les élevages sélectionnés**

	Race allaitante majoritaire					
	Charolaise	Limousine	Blonde d'Aquitaine	Autres	Aucune*	Sans objet*
<b>Nombre d'exploitations</b>	18 754	11 994	6 897	14 865	1 309	19 963
<b>Proportion (en%)</b>	25	16	9	20	2	27

\*Aucune : élevages n'ayant pas de race majoritaire. Sans objet : élevages non concernés car n'ayant pas de femelles de ce type de production.

**Tableau 5 : Distribution des races majoritaires laitières parmi les élevages sélectionnés.**

	Race laitière majoritaire					
	Prim'holstein	Montbéliarde	Normande	Autres	Aucune*	Sans objet*
<b>Nombre d'exploitations</b>	25 417	11 196	5 345	2 313	1 241	28 270
<b>Proportion (en %)</b>	34	15	7	3	2	38

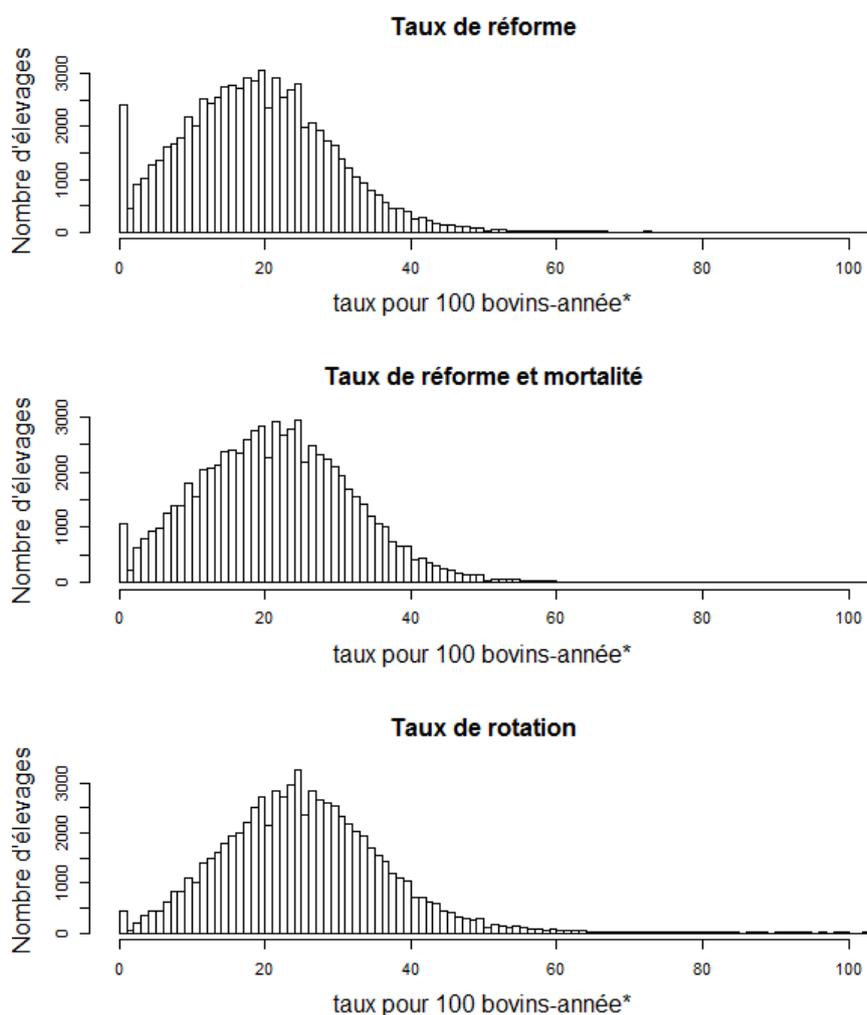
\*Aucune : élevages n'ayant pas de race majoritaire. Sans objet : élevages non concernés car n'ayant pas de femelles de ce type de production.

Sur les 73 782 élevages sélectionnés, le *taux de réforme* moyen était d'environ 19 %, le *taux moyen de réforme et mortalité* d'environ 22 % et le *taux de rotation* moyen d'environ 25 % (tableau 6 et figure 5).

**Tableau 6 : Distributions des variables taux de réforme, taux de réforme et mortalité, et taux de rotation (en %).**

Variables	Distribution					
	Minimum	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> quartile	Maximum
Taux de réforme	0,0	11,8	18,6	19,3	25,6	581,0
Taux de réforme et mortalité	0,0	14,1	21,4	21,9	28,6	584,8
Taux de rotation	0,0	17,9	25,0	25,6	32,0	585,5

**Figure 5 : Distributions des taux de réforme, de réforme et mortalité, et de rotation.**



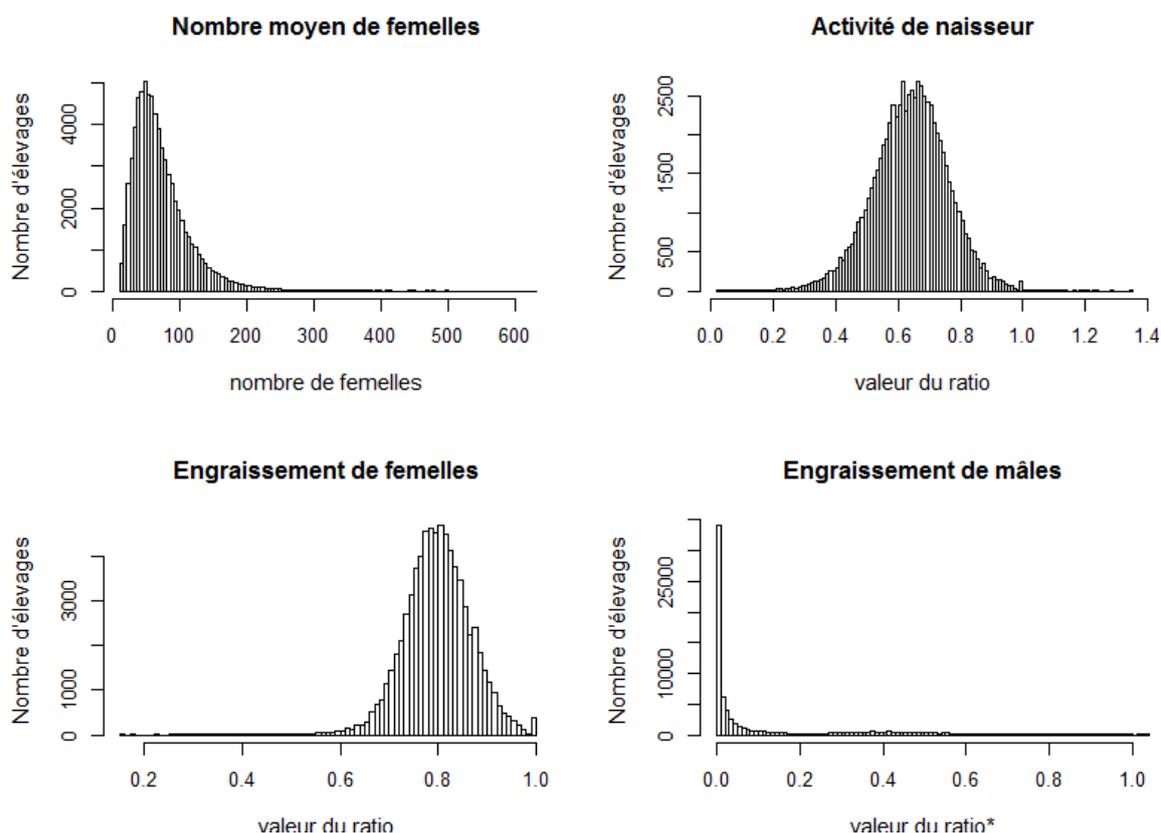
\*L'axe des abscisses a été tronqué pour faciliter la lecture.

Les élevages inclus possédaient en moyenne 71 femelles de 2 ans et plus. En moyenne, 65 % des femelles présentes dans les élevages ont vêlé durant la campagne. Les élevages n'avaient en général que très peu de mâles. La majorité des élevages avait un ratio d'engraissement de femelles compris entre 0,6 et 1, avec une médiane et une moyenne à 0,8 (tableau 7 et figure 6).

**Tableau 7 : Distribution des variables nombre moyen de femelles (nbfem), activité de naisseur (RnaiF), engraissement de femelles (RengF), et engraissement de mâles (RengM) du bloc « groupe d'élevage ».**

Variables	Distribution					
	Minimum	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> quartile	Maximum
Nombre moyen de femelles	10	43,0	62,0	71,3	89,0	626,0
Activité de naisseur	0,0	0,6	0,7	0,6	0,7	1,4
Engraissement de femelles	0,15	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0
Engraissement de mâles	0	0,0	0,0	0,2	0,2	61,3

**Figure 6 : Distributions des variables nombre moyen de femelles (nbfem), activité de naisseur (RnaiF), engraissement de femelles (RengF), et engraissement de mâles (RengM) du bloc « groupe d'élevage ».**



\*L'axe des abscisses a été tronqué pour faciliter la lecture.

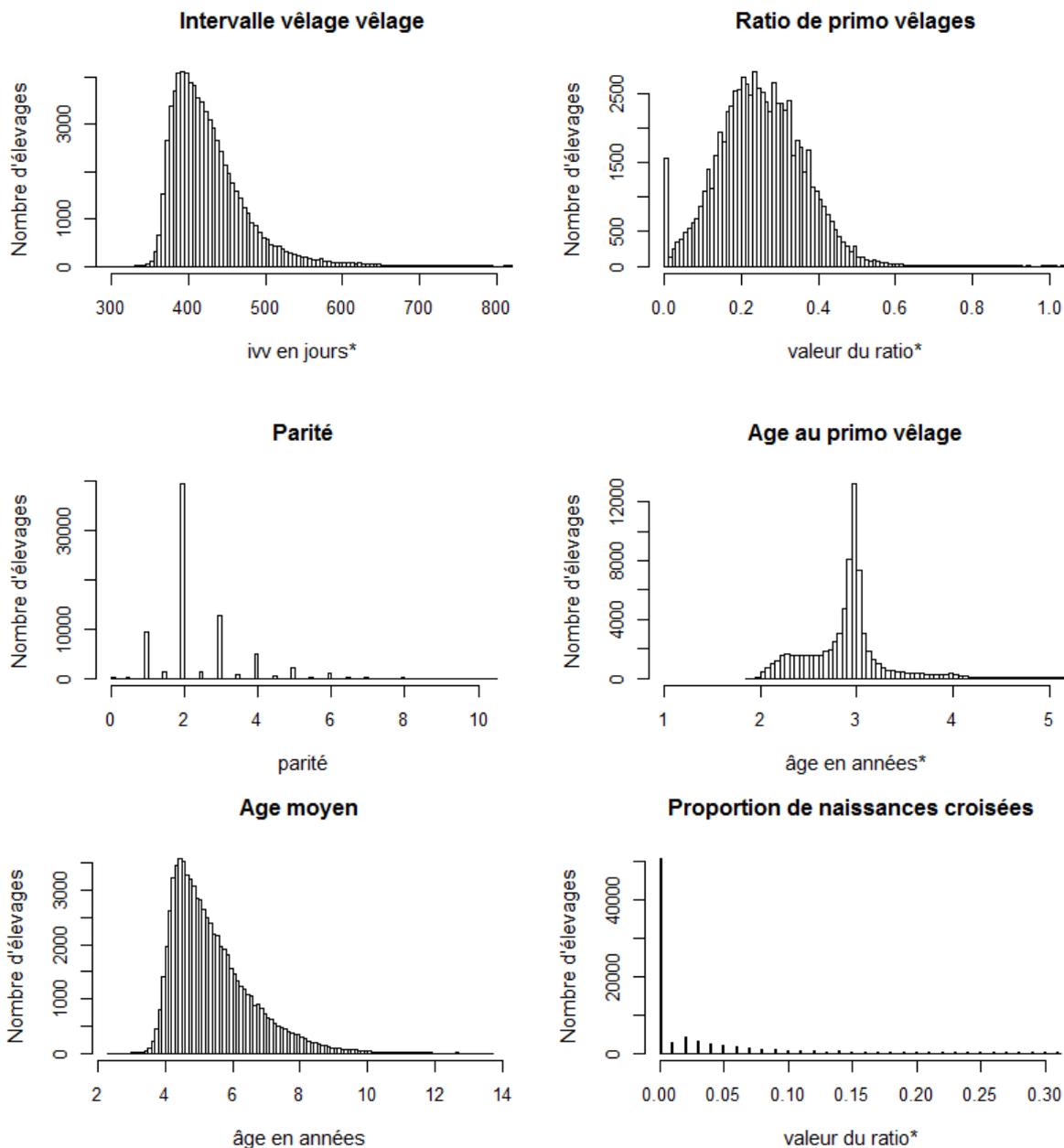
L'intervalle vêlage-vêlage était de 428 jours en moyenne. En moyenne dans les élevages, 25% des vêlages, étaient des primo vêlages pour lesquels l'âge médian était de 3 ans environ. La parité médiane était de 2, et plus de la moitié des élevages avait un troupeau d'âge moyen supérieur à 5 ans. Globalement, les élevages avaient très peu de naissances d'animaux croisés (tableau 8 et figure 7).

**Tableau 8 : Distributions des variables intervalle vêlage-vêlage (ivv), proportion de primo vêlages (Rprimovel), parité (parite), âge au premier vêlage (age\_primo), âge moyen (age\_moyen), proportion de naissances croisées (Rnaicro) du bloc « zootechnie ».**

Variables	Distribution						Valeurs manquantes*
	Minimum	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> quartile	Maximum	
Intervalle vêlage-vêlage	282	393,0	417,0	428,0	449,0	1119,0	20
Proportion de primo vêlages	0	0,2	0,3	0,3	0,3	4,7	0
Parité	0	2,0	2,0	2,4	3,0	10,5	0
Age au premier vêlage	1,9	2,7	2,9	2,9	3,0	8,2	0
Age moyen	2,38	4,5	5,1	5,4	6,0	13,7	0
Proportion de naissances croisées	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0

\*variables non calculables.

Figure 7 : Distributions des variables intervalle vêlage-vêlage (ivv), proportion de primo vêlages (Rprimovel), parité (parité), âge au premier vêlage (age\_primo), âge moyen (age\_moyen), proportion de naissances croisées (Rnaicro) du bloc « zootechnie ».



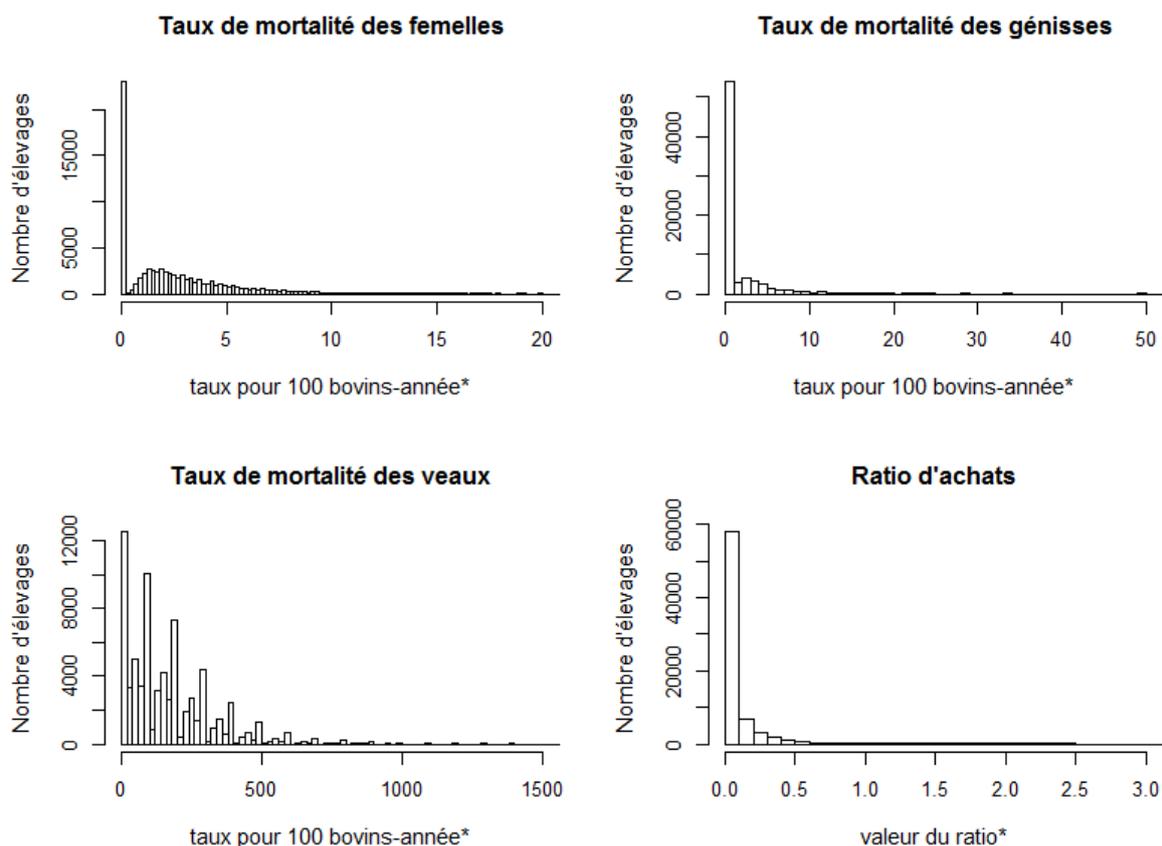
\*L'axe des abscisses a été tronqué pour faciliter la lecture.

La moyenne du taux de mortalité des femelles dans les élevages inclus était de 2,62 %. Plus de la moitié des élevages avait une mortalité de génisses nulle au cours de la campagne d'étude. La majorité des élevages n'achetait pas d'animaux (tableau 9 et figure 8).

**Tableau 9 : Distributions des variables taux de mortalité des femelles (txmortF), taux de mortalité des génisses (txmortG), taux de mortalité des veaux (txmortV), ratio d'achats (Rachat\_nai) du bloc « sanitaire».**

Variables	Distribution					
	Minimum	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> quartile	Maximum
Taux de mortalité des femelles	0	0,0	1,9	2,6	3,9	46,8
Taux de mortalité des génisses	0	0,0	0,0	1,5	1,6	150,0
Taux de mortalité des veaux	0	50,0	133,3	169,6	250,0	2700,0
Ratio d'achats	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	56,9

**Figure 8 : Distributions des variables taux de mortalité des femelles (txmortF), taux de mortalité des génisses (txmortG), taux de mortalité des veaux (txmortV), ratio d'achats (Rachat\_nai) du bloc « sanitaire».**



\*L'axe des abscisses a été tronqué pour faciliter la lecture.

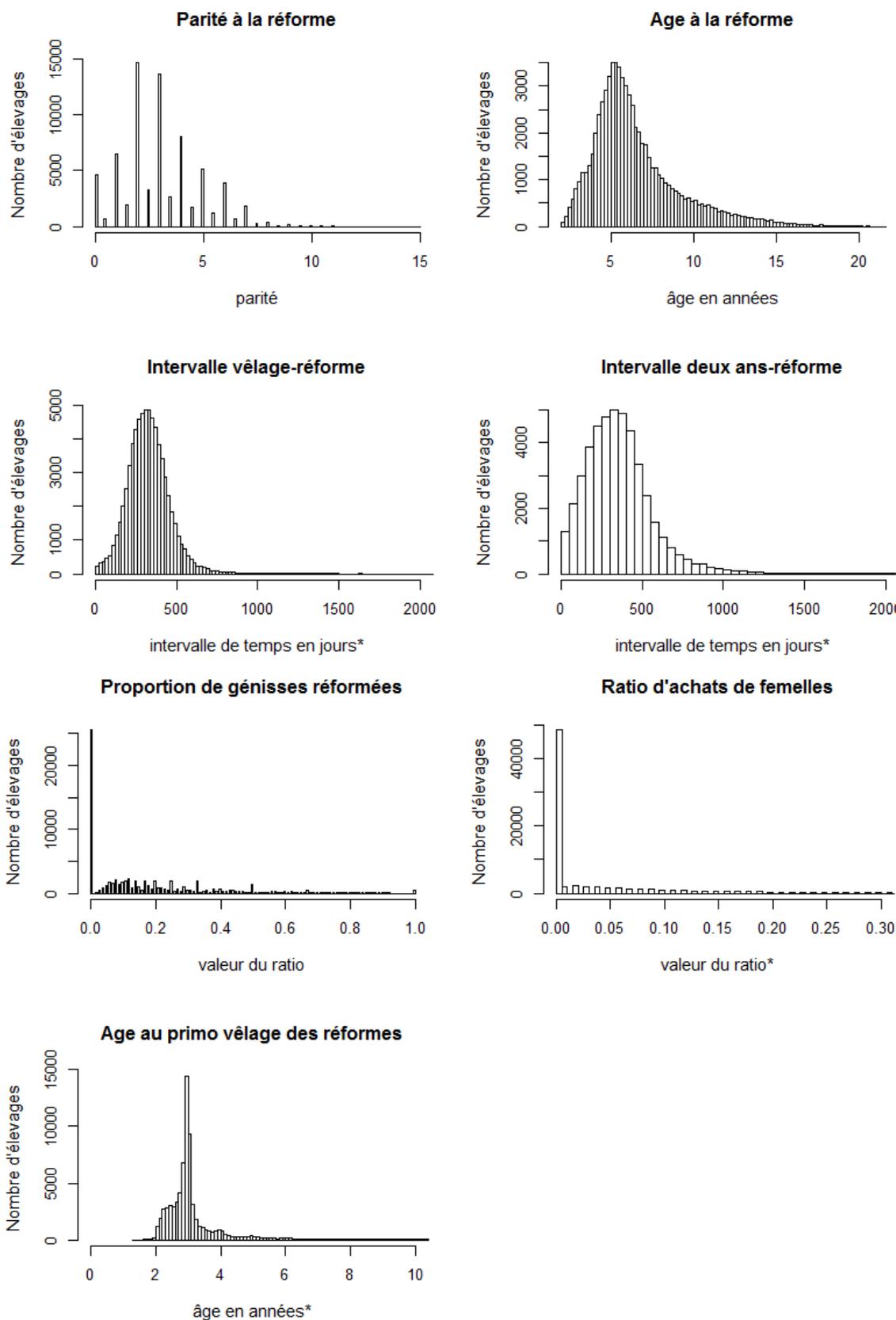
En moyenne dans les élevages, plus de la moitié des femelles réformées avaient plus de 6 ans, et avaient vêlé 3 fois. La proportion de nullipares parmi les réformes dans les élevages était de 0,1 et l'âge médian au premier vêlage d'environ 3 ans. En moyenne, il s'écoulait presque un an entre le dernier vêlage ou les deux ans d'un animal et sa réforme. En majorité les éleveurs n'achetaient pas de femelles (tableau 10 et figure 9).

**Tableau 10 : Distributions des variables âge à la réforme (age\_reforme), parité à la réforme (parite\_ref), intervalle vêlage-réforme (vel\_ref), intervalle deux ans-réforme (deuxans\_ref), proportion de nullipares réformées (RerfG), ratio d'achats de femelles (RachatF), âge au premier vêlage des réformes (age\_primo\_ref) du bloc « réforme».**

Variables	Distribution						Valeurs manquantes
	Minimum	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> quartile	Maximum	
Age à la réforme	2,0	4,8	5,9	6,5	7,6	21,5	2369
Parité à la réforme	2	3	3	3,1	4	15	2369
Intervalle vêlage-réforme	0	244,0	320,0	328,5	400,0	2723,0	2926
Intervalle deux ans-réforme	1	213,5	334,0	359,0	456,0	6954,0	28071
Proportion de nullipares réformées	0	0,0	0,1	0,2	0,3	1,0	2369
Ratio d'achats de femelles	0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	
Age au premier vêlage des réformes	1,36	2,7	3,0	3,2	3,1	15,6	2877

\*variables non calculables.

Figure 9 : Distributions des variables âge à la réforme (age\_reforme), parité à la réforme (parite\_ref), intervalle vêlage-réforme (vel\_ref), intervalle deux ans-réforme (deuxans\_ref), proportion de nullipares réformées (RerfG), ratio d'achats de femelles (RachatF), âge au premier vêlage des réformes (age\_primo\_ref) du bloc « réforme».



\*L'axe des abscisses a été tronqué pour faciliter la lecture.

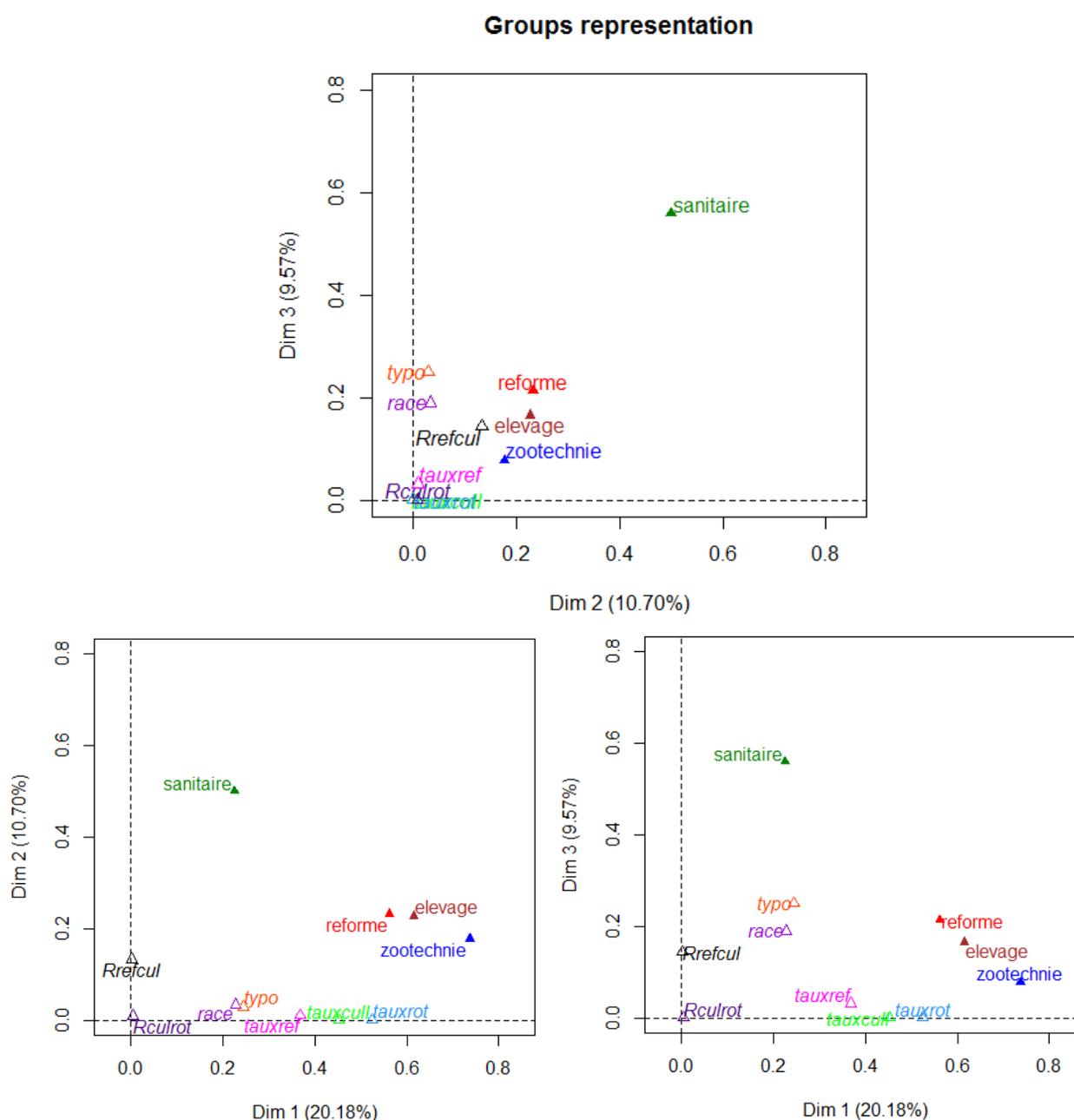
## 4.2. Analyse factorielle multiple

L'exploration du jeu de données a permis de repérer des élevages engraisseurs de vaches de réforme, et ne correspondant pas à la définition des élevages de l'étude telle que présentée précédemment (atelier de naisseur significatif). Aussi 633 élevages ayant une valeur inférieure à 0,6 pour la variable engraissement de femelles ont été exclus de la suite des analyses : 73 149 élevages ont été inclus dans l'AFM.

Les trois premiers axes factoriels expliquaient environ 40 % de la variance, et 15 axes étaient nécessaires pour expliquer 95 % de la variance (annexe 2). Par souci de clarté, seule la description des trois premiers axes est présentée.

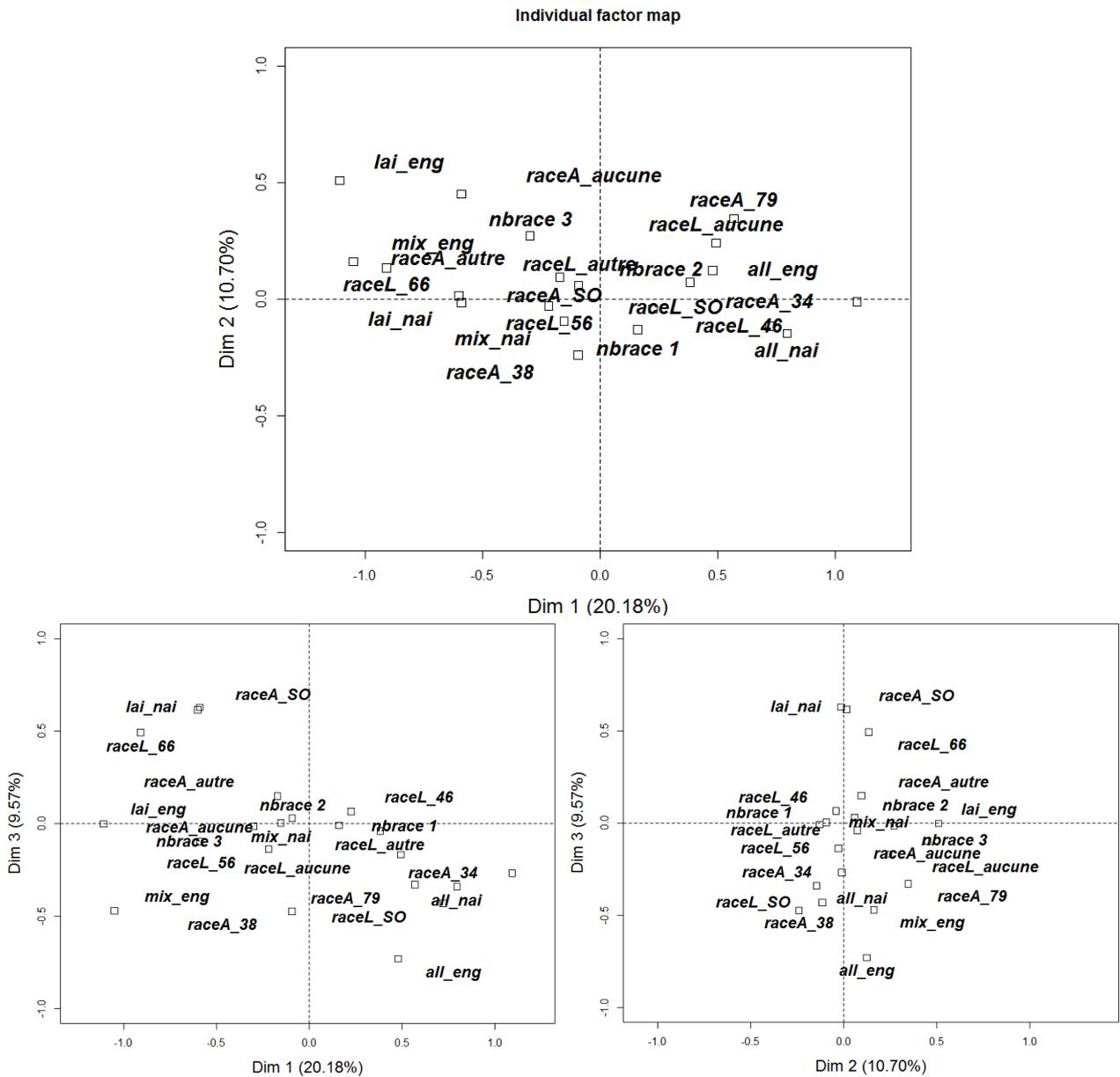
La figure 10 représente les positionnements des blocs issus de l'AFM. Le bloc sanitaire était le bloc qui contribuait le plus à la construction des axes 2 et 3. Il était bien représenté sur ces axes avec des valeurs des  $\cos^2$  élevées pour ces deux axes (annexe 3).

Figure 10 : Représentation des blocs sur les trois premiers axes factoriels.



Concernant les variables illustratives, l'axe 1 opposait les élevages laitiers et allaitants (figure 11). Avec un  $v$ -test élevé et un  $\cos^2$  fort, les variables-modalités allaitant naisseurs et laitiers naisseurs étaient bien représentées sur les axes 1 et 3 (annexe 4).

Figure 11 : Représentation des variables qualitatives illustratives sur les trois premiers axes factoriels.

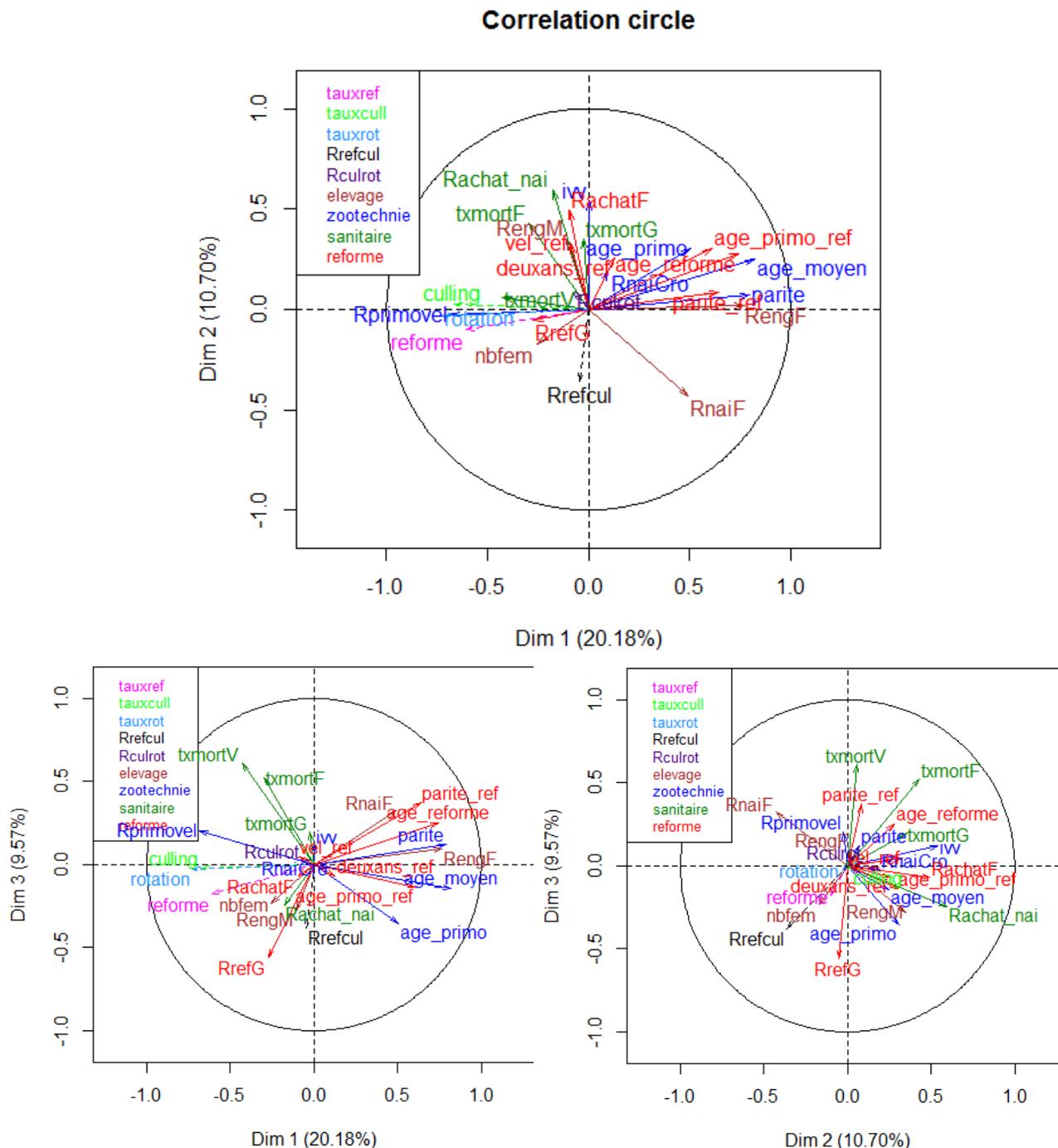


La figure 12 représente les variables quantitatives une à une : aucune des variables n'était parfaitement colinéaire à une autre. Les variables âge moyen et parité s'opposaient à la proportion de primo vêlages sur l'axe 1.

Le ratio d'engraissement de femelles était la variable quantitative qui contribuait le plus à la création de l'axe 1. Cette variable était également bien représentée sur cet axe avec un  $\cos^2$  égal à 0,59 (annexe 5).

Le ratio d'achats était la variable quantitative qui contribuait le plus à la création de l'axe 2 ; pour l'axe 3, c'était le taux de mortalité des veaux.

Figure 12 : Représentation des variables actives quantitatives sur les trois premiers axes factoriels.

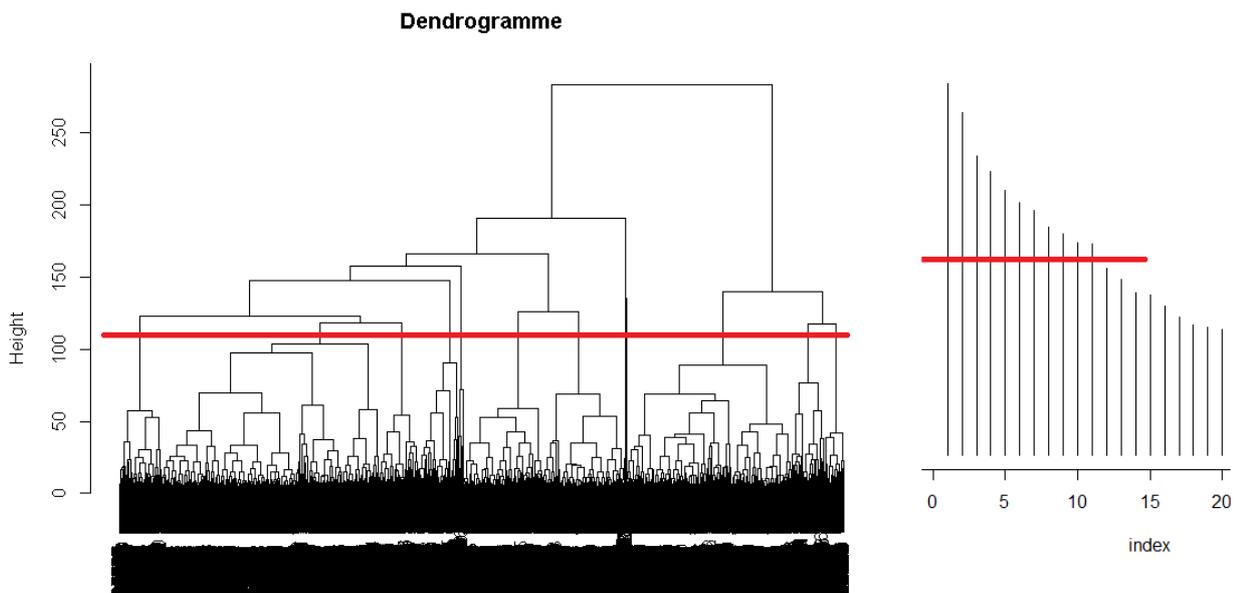


### 4.3. Classification ascendante hiérarchique

La classification a été construite à partir des 15 premiers axes de l'AFM qui expliquaient 95% de la variance (annexe 2).

La visualisation du dendrogramme et de l'histogramme de la figure 13 nous a conduits à couper l'arbre au niveau correspondant à 12 classes.

**Figure 13 : Arbre hiérarchique (dendrogramme) et histogramme de la classification obtenue. La ligne rouge indique le niveau de coupe donnant les 12 classes décrites.**



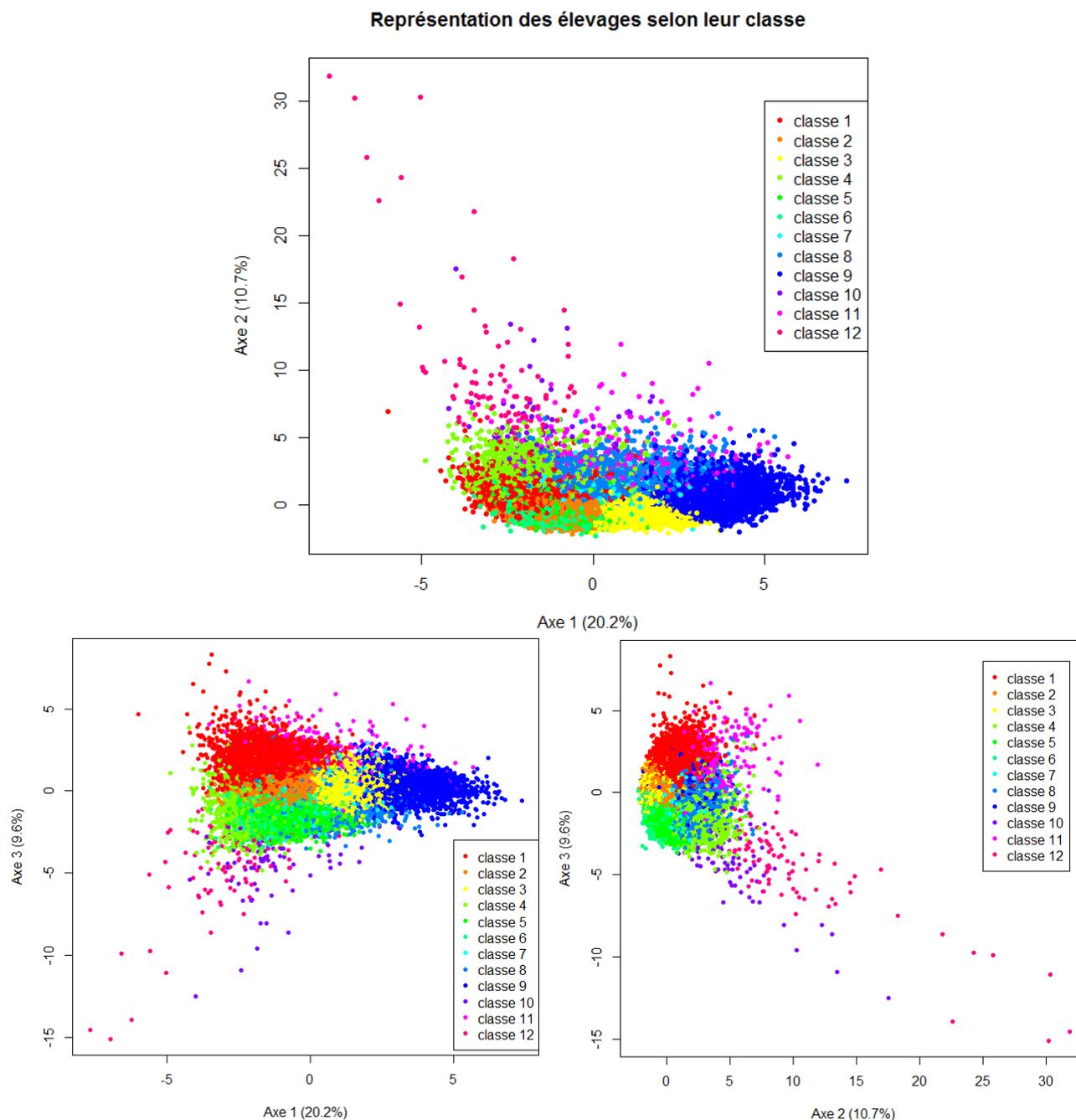
Suite à la consolidation, près de 50% des élevages avaient changé de classe et certaines classes étaient particulièrement affectées par ces changements : dans les classes 1 et 2 environ 5000 élevages (7 %) étaient concernés (Tableau 11).

**Tableau 11 : Distribution du nombre d'élevages par classes avant et après consolidation.**

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Avant consolidation</b>	3927	23149	16836	3393	8202	8810	3509	2783	1970	120	393	57
<b>Après consolidation</b>	8820	18897	15234	2361	8044	6190	2155	4873	5547	168	767	93

Certaines classes étaient très proches, voir imbriquées ainsi que le montre la représentation des élevages selon leur classe sur les trois premiers axes de l'AFM (figure 14).

Figure 14 : Représentation des élevages selon leur classe sur les trois premiers axes.



Les résultats classe par classe de la classification sont disponibles en annexes 6 et 7.

## Description des 12 classes

La première classe regroupait des élevages plutôt laitiers naisseurs intensifs en race Prim'Holstein.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne, de même que les *taux de mortalité des veaux et des femelles*. L'*âge moyen* et l'*âge au primo vêlage* étaient plus faibles que la moyenne, et la *proportion de primo vêlages* plus élevée.

Dans la deuxième classe, les élevages étaient plutôt laitiers traditionnels, naisseurs et naisseurs-engraisseurs avec race majoritaire Prim'Holstein.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne, de même que la *proportion de primo vêlage*. L'*âge au primo vêlage*, l'*âge moyen* et la *parité* y étaient plus faibles que dans l'ensemble des élevages, ainsi que l'*âge à la réforme*.

La troisième classe était composée d'élevages plutôt allaitants naisseurs, performants, avec une seule race, plutôt de la Limousine ou la Charolaise.

Dans cette classe, les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* étaient plus faibles que la moyenne et la *proportion de génisses réformées* également.

Cette classe correspondait à des élevages plus *naisseur* et moins *engraisseurs de femelles* que la moyenne. L'*âge moyen* et la *parité* y étaient plus élevés que la moyenne, tandis que la *proportion de primo vêlage* et l'*intervalle vêlage-vêlage moyen* y étaient plus faibles, de même que les *taux de mortalité des veaux et des femelles*. Enfin, l'*âge du troupeau* et la *parité à la réforme* y étaient plus élevés que dans l'ensemble des élevages inclus.

Dans la quatrième classe, les élevages étaient plutôt des laitiers naisseurs et engraisseurs de femelles, ayant plusieurs races, dont la race Prim'Holstein.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne, avec une activité d'*engraissement de femelles* et des *ratios d'achats* et d'*achats de femelles* plus élevés que la moyenne.

La cinquième classe regroupait les élevages de type allaitants intensifs, naisseurs ou naisseurs-engraisseurs.

Dans cette classe, les élevages avaient plutôt une seule race, la race Charolaise.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne. Ces élevages étaient moins *naisseur* et plus *engraisseurs de femelles* que l'ensemble des élevages inclus. La *proportion de génisses réformées* y était plus élevée que la moyenne, tandis que l'*âge à la réforme* et la *parité à la réforme* y étaient plus faibles.

Au sein de la classe 6, les élevages étaient en majorité des élevages mixtes.

Ces élevages étaient plutôt en race Charolaise majoritaire, et détenaient plusieurs races. Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne de même que le *nombre moyen de femelles*.

Les éleveurs de la classe 7 avaient au moins trois races bovines dans leur exploitation.

Leurs *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* étaient plus faibles que la moyenne, tandis que la *proportion de naissances de veaux croisés* était plus élevée que dans l'ensemble des élevages.

Dans la classe 8, les élevages étaient plutôt de type allaitants naisseurs, possédant des bovins de race Blonde d'Aquitaine.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus faibles que la moyenne, ainsi que l'*activité de naisseur*. L'*intervalle vêlage-vêlage* et l'*âge au primo vêlage* y étaient plus élevés que la moyenne, de même que les *intervalles vêlage-réforme* et *deux ans-réforme*.

Les élevages de la classe 9 étaient plutôt des élevages allaitants traditionnels naisseurs, mais la classe comprenait aussi des allaitants naisseurs-engraisseurs. Ces élevages avaient plutôt une seule race, la race Limousine.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus faibles que la moyenne. C'étaient des élevages plus *naisseurs* et moins *engraisseurs de femelles* que la moyenne. Les *âge, parité* et *âge au primo vêlage* y étaient plus élevés que la moyenne. La *proportion de primo vêlages* y était plus faible, et *l'âge à la réforme* ainsi que *la parité à la réforme* y étaient plus élevés que la moyenne.

La classe 10 regroupait des élevages plutôt laitiers et allaitants naisseurs et engraisseurs de mâles.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne, ainsi que *l'activité d'engraissement de mâles*.

Dans la classe 11, les élevages étaient plutôt des laitiers naisseurs, élevant entre autres des vaches de race Montbéliarde.

Les *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus faibles que la moyenne, mais le *taux de mortalité des génisses* plus élevé.

Les élevages de la classe 12 étaient plutôt des laitiers et allaitants naisseurs-engraisseurs achetant pour l'engraissement des bovins, mâles et femelles.

Leurs *taux de réforme, réforme et mortalité*, et *rotation* y étaient plus élevés que la moyenne ainsi que *l'activité d'engraissement de mâles*. Les *ratios d'achats* et *d'achats de femelles* y étaient plus élevés que la moyenne.

## 5. DISCUSSION

Cette étude a été réalisée dans un contexte de valorisation des données enregistrées en routine pour la surveillance sanitaire des élevages bovins. Son objectif était d'étudier la réforme des femelles reproductrices et futures reproductrices (vaches) dans les élevages à partir des données de la BDNI. Pour décrire la réforme des vaches, une AFM multiblocs à sept variables passives (trois variables à expliquer et quatre illustratives), et 21 variables actives a été menée sur les 73149 élevages inclus dans l'étude et retenus pour l'analyse. La classification ascendante hiérarchique réalisée à partir des coordonnées de l'AFM a permis de mettre en évidence 12 classes d'élevages.

### 5.1. Matériel utilisé

#### 5.1.1. Période d'étude

Nous souhaitons décrire la réforme des vaches hors contexte épizootique. La campagne choisie, campagne 2010-2011, a été jugée suffisamment éloignée des épizooties de fièvre catarrhale ovine et de maladie de Schmallenberg. Elle a ainsi été considérée comme appropriée pour décrire la réforme « habituelle » des vaches dans les élevages en France.

#### 5.1.2. Sélection des élevages

Cette étude constituant une première approche dans l'évaluation de l'utilisation du taux de réforme des vaches comme indicateur sanitaire, il était nécessaire de l'étudier dans des élevages professionnels et structurés. Aussi, nous n'avons inclus dans l'étude que des élevages situés en France métropolitaine. En effet dans les DOM-TOM, peu d'élevages sont de type professionnel et les problèmes sanitaires y sont très différents de ceux de métropole (Sala, Hendrikx et al. 2010). Les élevages inclus devaient également disposer d'un atelier naisseur d'au moins dix naissances sur la campagne pour être considérés comme élevages professionnels. Les élevages trop petits ou strictement engraisseurs ont ainsi été exclus. En vue d'exclure les exploitations en cours de cessation d'activité ou d'agrandissement de troupeau, deux situations particulières

entraînant des variations importantes et conjoncturelles du taux de réforme, seuls les élevages ayant une taille de troupeau stable sur trois campagnes successives ont été inclus.

### *5.1.3. Source et qualité de données*

Nous avons utilisé uniquement les données de la BDNI qui est la seule source exhaustive de données de la population bovine en France. La BDNI est utilisée depuis plusieurs années pour des études de démographie bovine, mais la qualité de son contenu n'a jamais été réellement évaluée. Pour notre étude, nous avons utilisé une version nettoyée de la BDNI (complétude des informations sur les animaux et contrôles de cohérence). Malgré tout, nous avons rencontré des aberrations lors de la manipulation des données et avons corrigé certaines informations ou supprimé des animaux lorsque la correction n'était pas possible.

### *5.1.4. Variables explorées*

Les variables d'élevage explorées ont été inspirées de la revue de littérature que nous avons effectuée ainsi que de nos connaissances personnelles. Certaines variables étaient fortement corrélées voire emboîtées (achat de femelles et achats tout venant par exemple) mais la méthode d'exploration choisie permettait de les prendre en compte. De plus, ces variables représentaient des facettes différentes de la conduite d'élevage. Par exemple, le ratio d'achats a été créé dans un but d'évaluation du niveau sanitaire de l'élevage, alors que le ratio d'achats de femelles servait à évaluer la part d'auto renouvellement de l'élevage.

Les élevages étant de taille variable, l'utilisation de taux plutôt que de proportion a permis de comparer les exploitations en s'affranchissant de la taille de l'élevage. Pour cette même raison, huit variables ont été explorées sous forme de ratios.

Les distributions des variables ont été examinées afin de contrôler l'absence de distribution bimodale. Suite à cet examen, la moyenne a été choisie pour représenter trois des variables, pour lesquelles la médiane n'était pas accessible en raison de la complexité du calcul (nombre moyen de femelles, âge moyen et intervalle vêlage-vêlage moyen du troupeau). La médiane, quant à elle, a été choisie pour sept variables dont les distributions n'étaient pas normales et pour lesquelles elle pouvait être calculée.

Enfin, certaines variables qu'il aurait été intéressant d'inclure, comme la saisonnalité des vêlages, n'ont pas pu être prise en compte en raison de la complexité des calculs.

### *5.1.5. Définition de la réforme*

Nous avons souhaité étudier la réforme au sens strict, et l'animal réformé correspondait à toute femelle de deux ans et plus quittant l'élevage pour abattage, ou vendue à un autre élevage pour une autre cause mais abattue dans les six mois suivants cette vente sans avoir vêlé entre-temps. La période de six mois correspondait à la durée maximale d'engraissement des femelles en France trouvée dans la littérature grise : l'engraissement dure en général deux à trois mois, mais peut être plus long pour les femelles de race Blonde d'Aquitaine classiquement engraisées pendant quatre à six mois.

La définition de la réforme que nous avons trouvée dans notre étude était différente de celles trouvées dans la littérature. En général le terme « culling » comprend les femelles sorties de l'élevage pour abattage ou mort en ferme, voire pour toutes les causes de sortie comme indiqué dans un article qui fait référence (Fetrow 2006). Mais notre calcul du taux de réforme concorde avec notre approche sanitaire et non zootechnique de l'élevage. Cependant, pour pouvoir comparer notre étude à celles déjà publiées, deux autres taux ont été créés : un taux de réforme et mortalité prenant en compte les vaches sorties pour la boucherie mais aussi mortes, et un taux de rotation comprenant les femelles sorties du troupeau quelle que ce soit la destination de sortie.

Notre étude s'intéressait à la réforme des femelles reproductrices. Pour cette raison, les génisses de deux ans et plus ont été incluses dans l'étude, ce qui n'est généralement pas le cas dans la littérature qui étudie essentiellement la réforme des femelles pares (femelles ayant déjà mis bas au moins une fois) (Raboisson, Cahuzac et al. 2011). Nous avons considéré que toutes les femelles nullipares, (femelles n'ayant jamais mis bas), de 2 ans et plus étaient des génisses de renouvellement du troupeau et, de ce fait, appartenaient aux

femelles reproductrices du troupeau. Ces femelles pouvaient être réformées pour infertilité par exemple. Il est cependant probable que cette inclusion ait entraîné une légère surévaluation des taux de réforme dans certains troupeaux produisant des génisses grasses, ces génisses n'étant pas destinées au renouvellement. A l'échelle des troupeaux inclus (exclusion des élevages engraisseurs de femelles), nous avons jugé cette éventuelle surestimation négligeable. En effet, suite aux premières descriptions des données, les élevages ayant un ratio d'engraissement de femelles inférieur à 0,6 ont été supprimés de l'étude. Ces élevages correspondaient à des élevages de grande taille, ayant effectivement plus de 10 naissances, mais pour un nombre moyen de femelles très important. Leur taux de réforme était très élevé (plus de 100 pour 100 bovins-année). Ces élevages, qui étaient des engraisseurs de femelles de réforme, ont été exclus du jeu de données préalablement à l'AFM.

## 5.2. Méthodes

### 5.2.1. Analyse factorielle multiple (AFM)

Nous avons utilisé une AFM multi-blocs car cette approche nous permettait de travailler avec un grand nombre de variables, des variables éventuellement colinéaires, et de prendre en compte la structure des variables en les regroupant au sein de blocs. Ceux-ci permettaient de pondérer l'influence des variables. Nous avons utilisé les méthodes proposées dans la package FactoMineR qui était le seul package actuellement disponible permettant de travailler avec des blocs mixtes (blocs de variables qualitatives et blocs de variables quantitatives) et des blocs de variables passives (projetées). En effet, pour ne pas perdre d'information, nous souhaitions garder les variables continues, plutôt que de les transformer en variables catégorielles en l'absence d'a priori sur la création de catégories pertinentes.

Les variables à expliquer (taux de réforme) ont été projetées comme cela est réalisé classiquement dans ce type d'analyse lors de laquelle on cherche à expliquer une variable par un ensemble de variables. Les races bovines majoritaires ont également été utilisées en variables passives, car nous voulions nous affranchir des hypothèses concernant la longévité des races, ainsi que des types de production qui leur sont associés. En les projetant, nous avons pu les utiliser sans *a priori*. Enfin la variable *groupe typologique* a également été conservée en variable passive. En effet, lors d'essais préliminaires avec cette variable en variable active, les résultats de l'AFM consistaient à décrire le taux de réforme par groupe typologique d'élevage, ce qui n'était pas notre objectif.

### 5.2.2. Classification ascendante hiérarchique

La classification a été réalisée sur les coordonnées des élevages obtenues par l'AFM afin de voir s'il était possible d'obtenir des groupes homogènes. Ce calcul étant particulièrement consommateur de mémoire vive, il ne pouvait pas se faire sur les 73149 élevages étudiés qui représentaient un effectif trop important : la méthode des k-means a alors été choisie. En l'absence d'hypothèses, le jeu de données a été réduit arbitrairement à 35 000 centres-mobiles, soit environ la moitié des élevages.

## 5.3. Résultats

Le taux de réforme moyen par troupeau était de 19,3 % dans notre étude : 17,3 % en moyenne dans les élevages allaitants, et 21 % en moyenne dans les élevages laitiers. Il est peu comparable à d'autres d'études puisque peu d'études utilisent des taux vrais malgré les recommandations (Fetrow, Nordlund et al. 2006), et que les numérateurs et dénominateur diffèrent selon les études.

La valeur de 21 % en élevage laitier est cohérente avec le taux de 20,9 % d'une étude de 15 troupeaux iraniens (Azizzadeh 2011). Elle est plus faible par contre que le taux de 25,1 % calculé dans une étude américaine à grande échelle (Pinedo, De Vries et al. 2010). Cette valeur (21 %) en élevage laitier semblerait cohérente avec l'étude de Raboisson (Raboisson, Cahuzac et al. 2011), qui trouve un taux de réforme de 21,3 % en France pour les années 2005-2006. Cependant les modalités de calcul ne sont pas les mêmes : contrairement à nous, il ne prend pas en compte que les femelles nullipares, mais prend en compte toutes les causes de sortie, hormis la mort.

Une étude sur la réforme comprend un « taux » d'abattage, ce qui s'approche de notre définition. Celui-ci varie de 14 à 15,6 % en élevage allaitant et de 16 à 18,6 % en élevage laitier selon les années (Maher, Good et al. 2008).

L'âge moyen à la réforme (6,5 ans) est également comparable aux données de la littérature qui indique des âges moyens à la réforme variant de 6 à 7,7 ans (Gates 2013; Pritchard, Coffey et al. 2013). Il en est de même pour la parité moyenne à la réforme qui est 3,1 dans notre étude, et cohérente avec une valeur de la littérature de 3,6 (Pritchard, Coffey et al. 2013).

Les intervalles vêlage-réforme et deux ans-réforme ont été utilisés comme des indicateurs d'échec de mise à la reproduction mais n'étaient pas comparables avec les données bibliographiques. En effet, les intervalles de temps donnés dans la littérature ne concernaient que des études de survie. Ici, l'intervalle vêlage-réforme pouvait correspondre au temps nécessaire pour élever un veau (élevage allaitant) ou pour tenter plusieurs inséminations pour une mise à la reproduction (élevage laitier). Pour les génisses, l'intervalle deux ans-réforme pouvait soit correspondre au temps que l'éleveur se donnait pour obtenir une gestation, soit à la durée d'engraissement des génisses grasses.

Concernant les résultats de l'AFM, 15 axes étaient nécessaires pour expliquer 95 % de la variance, les trois premiers axes n'en expliquant que 40 %. Ceci indique que nos variables ne sont pas nécessairement adaptées à la description de la réforme des bovins. Ce résultat n'est pas surprenant compte tenu du fait que les motifs et facteurs de risque de réforme des vaches sont en grande partie de nature sanitaire (mammites, boiteries, infertilité...). En utilisant les données de BDNI, nous n'avions pas accès à ce type de données pour les élevages inclus. Seules quatre variables parmi les 21 utilisées pouvaient être considérées comme des proxys de facteurs de risque sanitaires : l'intervalle vêlage-vêlage pour les troubles reproducteurs et les trois taux de mortalité potentiellement liés à la maîtrise sanitaire de l'élevage.

Le résultat de l'AFM nous a par ailleurs donné un bloc sanitaire assez isolé et bien représenté sur les axes 2 et 3 alors que les trois autres groupes sont plutôt groupés sur l'axe 1. Ceci peut être dû au fait que les variables des blocs groupe de l'élevage, zootechnie et réforme sont liées de par leur construction et leur calcul puisque des éléments leur sont communs. Le bloc sanitaire est plus indépendant du fait que trois des quatre variables de ce bloc sont des taux de mortalité sans lien avec les variables des autres groupes.

De la même façon, les taux de réforme, réforme et mortalité et rotation sont emboîtés de par leur calcul et apparaissent presque colinéaires, ce qui était attendu. L'âge moyen et la parité agissent dans le même sens, la parité augmentant avec l'âge de manière mécanique. La proportion de primo vêlages, l'âge et la parité moyens du troupeau contribuent de manière importante à la création de l'axe 1 et y sont bien représentés. L'âge et la parité moyens s'opposent à la proportion de primo vêlages et aux taux de réforme, réforme et mortalité, et rotation. Plus la proportion de primo vêlage augmente, plus la parité moyenne diminue, et l'âge moyen diminue également car il y a davantage de jeunes femelles dans le troupeau. De la même façon, plus cette proportion de primo vêlages est importante, plus le taux de réforme augmente car l'arrivée des jeunes animaux entraîne le départ des femelles plus âgées.

L'AFM confirme donc des liens mécaniques entre des variables liées de par leur construction.

Concernant la classification, nous avons choisi 12 classes suite à l'observation des hauteurs des sauts de paliers de l'histogramme. Les sauts étaient également importants pour les niveaux à trois et cinq classes mais nous avons jugé ces découpages en trois et cinq classes trop grossiers compte tenu du nombre de variables, du nombre d'élevages de l'étude et de la variété des systèmes de production en France. Ce découpage en 12 classes nous a permis d'avoir assez de classes pour étudier ce qui les différençait, même si celles-ci sont parfois peu distinctes. Ce découpage nous a cependant permis de discriminer, par exemple, les élevages allaitants naisseurs plutôt performants ayant un taux de réforme faible, un âge à la réforme élevé, une bonne maîtrise sanitaire (taux de mortalité bas) et une bonne maîtrise de la reproduction (intervalle vêlage-vêlage moyen faible), des élevages allaitants plus traditionnels ayant également un taux de réforme plus faible et un âge à la réforme plus élevé, mais un âge au premier vêlage élevé qui signe cet aspect plus traditionnel.

Comme attendu, globalement deux grands groupes ont été retrouvés : les élevages laitiers et les élevages allaitants. La classification fine a permis de distinguer des pratiques différentes au sein de ces groupes.

Parmi les élevages laitiers, se sont distinguées quatre classes :

- les élevages laitiers traditionnels, avec un taux de réforme élevé et un âge moyen bas comme attendu en élevage laitier,
- les élevages laitiers intensifs (taux de réforme élevé et âge moyen bas) maîtrisant mal la gestion sanitaire (taux de mortalité des femelles et des veaux élevés),
- les élevages laitiers détenant plusieurs races, un taux de réforme élevé, et une activité d'engraissement de femelles achetées expliquant ainsi le nombre de races inhabituellement élevé,
- les élevages laitiers ayant un taux de réforme bas et se caractérisant par un taux de mortalité des génisses élevé. Ce taux de réforme bas est certainement lié au taux de mortalité élevé des génisses : le renouvellement du troupeau ne peut pas se faire suite à la mort des génisses, et les éleveurs conservent alors les femelles de tous âges. Ils avaient plutôt des animaux de race Montbéliarde, et formaient une classe de bien plus faible effectif.

Parmi les élevages allaitants, quatre classes distinctes également :

- les élevages allaitants traditionnels, élevant plutôt la race Limousine, avec un taux de réforme bas, des âges moyen et à la réforme élevés comme attendu en élevage allaitant,
- les élevages allaitants performants, élevant plutôt les races Charolaise et Limousine, avec un taux de réforme bas et des âges moyen et à la réforme élevés comme en élevage traditionnel, mais un intervalle vêlage-vêlage et des taux de mortalité des veaux et des vaches faibles, indiquant leur bonne maîtrise de la conduite d'élevage et de la gestion sanitaire. Cette classe pourrait notamment regrouper des élevages sélectionneurs.
- les élevages allaitants intensifs avec un taux de réforme élevé et un âge à la réforme faible, donc bien différents des pratiques habituelles de l'élevage allaitant. Ils élevaient plutôt la race Charolaise, race pour laquelle la tendance a longtemps été d'obtenir des veaux très lourds au vêlage, avec un nombre important de césariennes. Cette pratique expliquerait l'âge à la réforme faible, et le taux de réforme élevé.
- les élevages allaitants élevant plutôt la race Blonde d'Aquitaine, avec un taux de réforme faible, et des intervalles vêlage-vêlage, vêlage-réforme et deux ans-réforme élevés, liés à la moindre fertilité et à l'engraissement long des femelles de cette race. Celles-ci sont également bien valorisées à la réforme, ainsi que leurs veaux : il n'y a donc pas nécessité d'un renouvellement fréquent du troupeau, ce qui expliquerait le taux de réforme faible.

Parmi les quatre classes restantes, se trouve une classe réunissant des élevages plutôt mixtes. Ceux-ci élèvent donc plusieurs races dont la race Charolaise, et ont un nombre moyen de femelles important. Ils ont également un taux de réforme élevé.

Une classe à faible effectif réunit des élevages caractérisés par une proportion de naissances de veaux croisés importante, expliquée en partie par la présence d'au moins trois races bovines sur leur exploitation. Leur taux de réforme est plutôt bas.

Enfin, deux classes regroupent les élevages engraisseurs : engraissement de mâles pour l'une, engraissement de mâles et de femelles pour l'autre. Parmi ces élevages se trouvent aussi bien des élevages laitiers que des allaitants. Ces classes regroupent très peu d'élevages qui ont des taux de réforme élevés concordants avec l'activité d'engraisseur.

Dans cette description des 12 classes, les races majoritaires sont bien présentes et caractéristiques de certaines classes. Ceci est davantage valable pour les classes d'élevages allaitants que pour les classes d'élevages laitiers, de par la forte dominance de la race Prim'Holstein en élevage laitier en France. Dans l'AFM, ces races majoritaires étaient pourtant illustratives et n'ont pas participé à la création des axes : un lien est donc mis en évidence entre une race, un type de production et une conduite d'élevage type. C'était d'ailleurs selon cette hypothèse que nous avons choisi d'utiliser ces variables de manière passive.

## Conclusion

---

Sachant qu'il n'existe pas d'étude de la réforme des bovins en France au niveau populationnel, notre étude a permis de décrire le taux de réforme des femelles de deux ans et plus, en fonction des différents types d'élevages de bovins et dans un contexte de troupeaux stables. Elle a également mis en évidence les relations entre le taux de réforme et des caractéristiques zootechniques et sanitaires des élevages.

L'utilisation des méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle a permis d'explorer à grande échelle les liens entre le taux de réforme et les caractéristiques des élevages, et d'aboutir à douze classes distinguant plusieurs types d'élevage. Si ces méthodes ne permettent pas de quantifier le lien entre le taux de réforme et les différentes variables caractérisant les élevages, elles représentent une étape préliminaire nécessaire à la modélisation en présence de nombreuses variables colinéaires car elles aident à sélectionner les variables les plus pertinentes.

Cette étude a été menée dans un contexte de valorisation sanitaire des données d'élevages enregistrées en routine et de construction et d'évaluation d'indicateurs sanitaire des élevages. Des études portant sur un nombre plus important de campagnes en contexte stable, mais aussi au cours des années perturbées d'un point de vue sanitaire (fièvre catarrhale ovine, canicule...) permettraient de mieux évaluer la pertinence du taux de réforme comme indicateur sanitaire d'élevage.

## Bibliographie

---

- Azizzadeh, M. (2011). "Characterisation and pattern of culling in Holstein-Friesian dairy herds in Khorasan Razavi Province, Northeast of Iran." Veterinary Research Forum **2**(4): 254-258.
- Bach, A. (2011). "Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation." J Dairy Sci **94**(2): 1052-1057.
- Beaudeau, F., H. Seegers, et al. (2000). "Effect of health disorders on culling dairy cows: a review and a critical discussion." Ann Zootech **49**: 293-311.
- Bell, M. J., E. Wall, et al. (2010). "Risk factors for culling in Holstein-Friesian dairy cows." Vet Rec **167**(7): 238-240.
- Davasaztabrizi, A. (2012). "Survey of reasons of culling in dairy Holstein herds in Tabriz area of Iran." Journal of Animal and Veterinary Advances **11**: 4246-4249.
- Dechow, C. D. and R. C. Goodling (2008). "Mortality, culling by sixty days in milk, and production profiles in high- and low-survival Pennsylvania herds." J Dairy Sci **91**(12): 4630-4639.
- Dupuy, C. (2011). Revue des méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle permettant d'aboutir à une typologie lésionnelle à partir d'une base de données épidémiologiques. Master 2 Master 2 santé des populations, spécialité Biostatistiques, Bioinformatique et Génome (B2G), Université Claude Bernard - Lyon 1 -
- Fetrow, J., K. V. Nordlund, et al. (2006). "Invited review: Culling: nomenclature, definitions, and recommendations." J Dairy Sci **89**(6): 1896-1905.
- Gates, M. C. (2013). "Evaluating the reproductive performance of British beef and dairy herds using national cattle movement records." Vet Rec **173**(20): 499.
- Hadley, G. L., C. A. Wolf, et al. (2006). "Dairy cattle culling patterns, explanations, and implications." J Dairy Sci **89**(6): 2286-2296.
- Haworth, G. M., W. P. Tranter, et al. (2008). "Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows." Vet Rec **162**(20): 643-647.
- Hayes, E. P., R. M. Christley, et al. (2012). "Effects of periparturient events on subsequent culling and fertility in eight UK dairy herds." Vet Rec **170**(21): 540.
- Lebart, L., M. Piron, et al. (2006). Statistique exploratoire multidimensionnelle - Visualisation et inférence en fouilles de données, Dunod.
- Liénard, G., M. Lherm, et al. (2002). "Productivité de trois races bovines françaises, Limousine, Charolaise et Salers. Bilan de 10 ans d'observations en exploitations." INRA Productions Animales **15**(4): 293-312.
- Maher, P., M. Good, et al. (2008). "Trends in cow numbers and culling rate in the Irish cattle population, 2003 to 2006." Ir Vet J **61**(7): 455-463.
- Mohammadi, G. R. and A. Sedigi (2009). "Reasons for culling of Holstein dairy cows in Neishaboor area in northeastern Iran." Iranian Journal of Veterinary Research **10**(3): 278-282.
- Nor, N. M., W. Steeneveld, et al. (2013). "The average culling rate of Dutch dairy herds over the years 2007 to 2010 and its association with herd reproduction, performance and health." J Dairy Res: 1-8.
- Pagès, J. (2002). "Analyse factorielle multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes." Revue de statistique appliquée **50**(4): 5-37.
- Perrot, C. (2005). L'utilisation de la BDNI pour la mise en place d'une typologie d'élevage bovin: 33.
- Pinedo, P. J., A. De Vries, et al. (2010). "Dynamics of culling risk with disposal codes reported by Dairy Herd Improvement dairy herds." J Dairy Sci **93**(5): 2250-2261.
- Plateforme ESA. (2014). "Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale." from <http://plateforme-esa.fr/>.
- Pritchard, T., M. Coffey, et al. (2013). "Understanding the genetics of survival in dairy cows." J Dairy Sci **96**(5): 3296-3309.
- R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.

- Raboisson, D., E. Cahuzac, et al. (2011). "Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006." *J Dairy Sci* **94**(4): 1790-1803.
- Roche, B., B. Dedieu, et al. (2001). "Taux de renouvellement et pratiques de réforme et de recrutement en élevage bovin allaitant du Limousin." *INRA Productions Animales* **14**(4): 255-263.
- Rogers, P. L., C. T. Gaskins, et al. (2004). "Evaluating longevity of composite beef females using survival analysis techniques." *J Anim Sci* **82**(3): 860-866.
- Sala, C., P. Hendrikx, et al. (2010). Visites sanitaires bovines de Guadeloupe - Campagnes 2008-2009. Rapport d'analyse, rapport technique et annexes. Lyon, Anses Lyon: 105.
- Sharifi, H., P. Kostoulas, et al. (2012). "Effect of health disorders on the hazard of culling on the first or second lactation in Iranian dairy herds." *Prev Vet Med*.
- Smith, J. W., L. O. Ely, et al. (2000). "Effect of region, herd size, and milk production on reasons cows leave the herd." *J Dairy Sci* **83**(12): 2980-2987.
- Szabo, F. and L. Dakay (2009). "Estimation of some productive and reproductive effects on longevity of beef cows using survival analysis." *Livestock Science* **122**: 271-275.
- Volle, M. (1993). *Analyse des données*. Paris, Economica.

# Annexes

---

## Annexe 1 : Typologie des élevages bovins.

---

### *Définitions des groupes typologiques*

Neufs groupes d'élevages ont été constitués. Chaque élevage est affecté à un groupe et un seul. Le détail de l'affectation des élevages aux différents groupes est disponible dans les tableaux A et B.

#### **Les très petits élevages**

Ce groupe est composé d'élevages ayant eu **moins de 10** naissances de mères laitières ou croisées **et moins de 10** naissances de mères allaitantes ou croisées **et** ayant eu **moins de 10** femelles de 2 ans et plus en moyenne sur la campagne **et** ayant vendu **moins de 10** mâles à la boucherie sur la campagne.

#### **Les élevages laitiers naisseurs**

Ce groupe est essentiellement composé d'élevages ayant eu **au moins 10** naissances de mères laitières **et moins de 10** naissances de mères allaitantes **et** n'ayant pas une activité significative d'engraissement de bovins mâles.

#### **Les élevages laitiers naisseurs-engraisseurs**

Ce groupe est essentiellement composé d'élevages ayant eu **au moins 10** naissances de mères laitières **et moins de 10** naissances de mères allaitantes **et** ayant une activité significative d'engraissement de bovins mâles.

#### **Les élevages allaitants naisseurs**

Ce groupe est essentiellement composé d'élevages ayant eu **au moins 10** naissances de mères allaitantes, **moins de 10** naissances de mères laitières **et** n'ayant pas une activité significative d'engraissement de bovins mâles.

#### **Les élevages allaitants naisseurs-engraisseurs**

Ce groupe est essentiellement composé d'élevages ayant eu **au moins 10** naissances de mères allaitantes, **moins de 10** naissances de mères laitières **et** ayant une activité d'engraissement de bovins mâles significative.

#### **Les élevages mixtes naisseurs**

Ce groupe est essentiellement composé d'élevages ayant eu **au moins 10** naissances de mères allaitantes **et au moins 10** naissances de mères laitières **et** n'ayant pas une activité significative d'engraissement de bovins mâles.

#### **Les élevages mixtes naisseurs-engraisseurs**

Ce groupe est essentiellement composé d'élevages ayant eu **au moins 10** naissances de mères allaitantes **et au moins 10** naissances de mères laitières sur la campagne **et** ayant une activité significative<sup>1</sup> d'engraissement de bovins mâles.

#### **Les élevages engraisseurs**

Ce groupe est composé d'élevages ayant eu **moins de 10** naissances de mères allaitantes ou croisées, **moins de 10** naissances de mères laitières ou croisées **et moins de 10** femelles de 2 ans et plus mais ayant vendu à la boucherie **au moins 10** mâles de moins de 8 mois ou **au moins 10** mâles de plus de 8 mois.

### Les élevages ayant un autre type de production bovine

Cette catégorie regroupe les élevages ayant eu **moins de 10** naissances de mères laitières ou croisées **et moins de 10** naissances de mères allaitantes ou croisées, mais ayant eu **au moins 10** femelles de 2 ans et plus tout en ayant vendu **moins de 10** mâles de moins de 8 mois **et moins de 10** mâles de plus de 8 mois à la boucherie ; y ont été rattachés les élevages n'entrant dans aucun des critères des groupes précédents.

### *Modalités d'affectation des élevages dans les différents groupes*

La typologie utilisée est très proche de celle utilisée dans le cadre du projet OMAR-pilote (qui est inspirée de celle proposée par l'Institut de l'élevage en 2005), et se base sur les données enregistrées dans la BDNI pour la campagne 2010-2011.

Cette typologie est construite à partir d'une combinaison des données d'élevage suivantes :

- nombre de naissances issues de mères de race pure laitière,
- nombre de naissances issues de mères de race pure allaitante,
- nombre de naissances issues de mères croisées ou de race inconnue,
- nombre moyen de femelles de 2 ans et plus de type laitier ; y sont comptées les femelles croisées dont les deux parents sont de race connue et laitière,
- nombre moyen de femelles de 2 ans et plus de type allaitant et croisé autre que croisement de deux animaux laitiers,
- nombre de mâles de moins de 8 mois vendus à la boucherie
- nombre de mâles de 8 mois et plus vendus à la boucherie
- race laitière majoritaire de l'élevage : race laitière à laquelle appartiennent plus de 50% des femelles laitières de 2 ans et plus de l'élevage,
- race allaitante majoritaire de l'élevage : race allaitante ou croisée ou inconnue à laquelle appartiennent plus de 50% des femelles allaitantes de 2 ans et plus de l'élevage.

L'affectation des élevages à un groupe a été réalisée en deux étapes. La première, détaillée dans le tableau A, permet de distinguer les très petits élevages, les élevages ayant un ou plusieurs ateliers naisseurs et le type de ces ateliers, et les élevages ayant un autre type d'activité bovine. La seconde étape (tableau B) permet de définir si l'élevage a une activité d'engraissement significative ou non et permet l'affectation de chaque élevage dans un des neuf groupes.

Tableau A : Règles d'affectation des élevages aux groupes des très petits élevages, élevages laitiers, élevages allaitants, élevages mixtes et élevages ayant une autre activité bovine.

Groupes	A	B	C	D		E	D+E	Nb de mâles vendus en boucherie	Nb d'élevages concernés
	Nb de naissances issues de mères laitières	Nb de naissances issues de mères croisées	Nb de naissances issues de mères allaitantes	A+B	B+C	Nb de femelles laitières >= 2 ans			
très petits élevages				< 10	< 10			< 10	51 605
élevages laitiers	>= 10		< 10		< 10				58 443
élevages allaitants	< 10		>=10	< 10			SO		62 120
élevages mixtes	>= 10		>= 10				SO		10 402
élevages avec autre production bovine	< 10		< 10	< 10	< 10			>= 10	
	< 10		< 10	< 10	< 10			>= 10	33 105
					le reste				

Tableau B : Règles d'affectation complémentaire au tableau A permettant d'affecter l'ensemble des élevages aux neuf groupes.

Groupes typologiques	ABC		G	F	Ratio (G+F)/ ABC*
	Nb total de naissances	Nb de mâles < 8 mois vendus en boucherie	Nb de mâles >=8 mois vendus en boucherie		
très petits élevages	< 10			< 10	
élevages laitiers naisseur	>= 10				< 0,2
élevages laitiers naisseurs engraisseurs	>= 10				>= 0,2
élevages allaitants naisseurs	>= 10				< 0,2
élevages allaitant naisseurs engraisseurs	>= 10				>= 0,2
élevages mixtes naisseurs	>= 10				< 0,2
élevages mixtes naisseurs engraisseurs	>= 10				>= 0,2
élevages engraisseurs	< 10			>=10 et /ou >=10	
élevages avec autre production bovine	< 10			le reste	

\*La valeur seuil du ratio du nombre de mâles vendus en boucherie sur le du nombre de naissances est issue de la typologie de l'Institut de l'élevage.

## Annexe 2 : Variances des 21 axes factoriels de l'AFM.

	Variance	% de variance expliquée	% de variance cumulés
<b>Dim 1</b>	2,140	20,177	<b>20,177</b>
<b>Dim 2</b>	1,135	10,704	<b>30,880</b>
<b>Dim 3</b>	1,015	9,569	<b>40,449</b>
Dim 4	0,987	9,308	49,756
Dim 5	0,708	6,677	56,433
Dim 6	0,627	5,906	62,340
Dim 7	0,585	5,512	67,851
Dim 8	0,547	5,156	73,007
Dim 9	0,513	4,838	77,845
Dim 10	0,422	3,983	81,828
Dim 11	0,351	3,313	85,141
Dim 12	0,339	3,195	88,335
Dim 13	0,276	2,599	90,934
Dim 14	0,231	2,174	93,108
<b>Dim 15</b>	0,190	1,788	<b>94,896</b>
Dim 16	0,160	1,505	96,401
Dim 17	0,133	1,253	97,654
Dim 18	0,111	1,045	98,699
Dim 19	0,091	0,861	99,560
Dim 20	0,030	0,281	99,841
Dim 21	0,017	0,159	100,000

## Annexe 3 : Description des trois premiers axes par les groupes de variables.

<b>dim 1</b>	coord	contrib	cos <sup>2</sup>	cor
<b>zootechnie</b>	0,737	<b>34,423</b>	<b>0,394</b>	0,862
élevage	0,615	28,722	0,187	0,794
réforme	0,563	26,286	0,192	0,768
sanitaire	0,226	10,569	0,022	0,488

<b>dim 2</b>	coord	contrib	cos <sup>2</sup>	cor
<b>sanitaire</b>	0,500	<b>44,014</b>	<b>0,107</b>	0,763
réforme	0,232	20,437	0,033	0,637
élevage	0,227	19,951	0,025	0,586
zootechnie	0,177	15,598	0,023	0,549

<b>dim 3</b>	coord	contrib	cos <sup>2</sup>	cor
<b>sanitaire</b>	0,559	<b>55,101</b>	<b>0,133</b>	0,774
réforme	0,213	20,953	0,027	0,544
élevage	0,165	16,270	0,014	0,443
zootechnie	0,078	7,675	0,004	0,404

## Annexe 4 : Représentation des variables qualitatives sur les trois premiers axes factoriels.

Dim 1			Dim 2			Dim 3		
Variable_modalité	cos2	v test	Variable_modalité	cos2	v test	Variable_modalité	cos2	v test
all_nai	0,75	111,35	lai_eng	0,13	39,31	lai_nai	0,48	125,98
raceL_SO	0,68	105,31	nbrace 3	0,24	34,65	raceA_SO	0,44	100,98
raceA_34	0,88	89,33	raceA_79	0,14	28,22	raceL_66	0,20	96,11
raceA_79	0,37	33,77	racel_66	0,02	24,87	raceA_autre	0,22	19,91
all_eng	0,23	32,27	raceA_aucune	0,24	15,12	raceL_46	0,03	7,34
nbrace 1	0,36	31,40	raceA_autre	0,09	11,98	nbrace 2	0,06	4,77
raceL_46	0,37	17,65	all_eng	0,02	11,43	mix_nai	0,00	0,14
raceL_autre	0,51	12,45	nbrace 2	0,22	8,83	lai_eng	0,00	-0,12
raceL_aucune	0,47	11,88	racel_aucune	0,11	7,97	raceL_autre	0,01	-1,94
mix_nai	0,05	-6,16	mix_eng	0,01	7,46	nbrace 3	0,00	-2,12
raceA_38	0,02	-10,08	racel_autre	0,02	3,21	nbrace 1	0,00	-2,50
nbrace 2	0,54	-10,16	raceA_SO	0,00	2,18	raceA_aucune	0,01	-3,49
raceL_56	0,29	-11,36	raceA_34	0,00	-1,32	raceL_aucune	0,06	-5,93
raceA_aucune	0,41	-14,43	racel_56	0,01	-2,08	raceL_56	0,11	-10,40
raceA_autre	0,29	-16,03	lai_nai	0,00	-2,67	mix_eng	0,09	-23,04
nbrace 3	0,29	-27,84	racel_46	0,01	-4,49	raceA_79	0,13	-28,53
mix_eng	0,46	-35,34	mix_nai	0,02	-5,22	raceA_34	0,05	-31,97
lai_eng	0,61	-62,40	racel_SO	0,02	-23,13	all_nai	0,14	-69,36
raceA_SO	0,42	-67,82	all_nai	0,03	-28,20	all_eng	0,55	-71,44
lai_nai	0,42	-81,53	raceA_38	0,15	-35,55	raceA_38	0,58	-74,27
raceL_66	0,69	-122,45	nbrace 1	0,25	-35,71	raceL_SO	0,24	-91,62

## Annexe 5 : Représentation des variables quantitatives sur les trois premiers axes factoriels.

Dans chaque tableau, les variables sont ordonnées selon leurs contributions à l'axe.

Dim1				Dim 2				Dim 3			
Variables	contrib	cos <sup>2</sup>	cor	Variables	contrib	cos <sup>2</sup>	cor	Variables	contrib	cos <sup>2</sup>	cor
RengF	18,60	0,59	0,77	Rachat_nai	23,35	0,35	0,60	txmortV	27,46	0,37	0,61
age_moyen	11,43	0,67	0,82	txmortF	12,26	0,19	0,43	txmortF	20,41	0,28	0,53
parite	10,65	0,63	0,79	RnaiF	11,02	0,18	-0,43	RrefG	12,02	0,31	-0,56
age_reforme	10,04	0,55	0,74	ivv	9,31	0,29	0,54	RnaiF	6,95	0,10	0,32
Rprimovel	7,89	0,47	-0,68	RachatF	8,36	0,24	0,49	parite_ref	5,30	0,14	0,37
RnaiF	7,68	0,24	0,49	txmortG	8,19	0,12	0,35	RengM	5,15	0,08	-0,28
parite_ref	7,50	0,41	0,64	RengM	7,16	0,12	0,35	age_primo	4,41	0,12	-0,35
age_primo_ref	6,78	0,37	0,61	vel_ref	3,68	0,11	0,33	Rachat_nai	4,40	0,06	-0,24
txmortV	6,40	0,18	-0,43	age_primo_ref	3,10	0,09	0,30	nbfem	3,60	0,05	-0,23
age_primo	4,29	0,25	0,50	age_primo	2,98	0,09	0,31	txmortG	2,84	0,04	0,20
txmortF	3,06	0,09	-0,30	age_reforme	2,67	0,08	0,28	age_reforme	2,48	0,06	0,25
nbfem	2,06	0,07	-0,26	deuxans_ref	2,27	0,07	0,26	Rprimovel	1,48	0,04	0,20
RrefG	1,35	0,07	-0,27	age_moyen	1,96	0,06	0,25	age_moyen	0,76	0,02	-0,15
Rachat_nai	1,08	0,03	-0,18	nbfem	1,74	0,03	-0,17	age_primo_ref	0,71	0,02	-0,14
RengM	0,37	0,01	-0,11	RnaiCro	1,17	0,04	0,19	RengF	0,57	0,01	0,09
deuxans_ref	0,29	0,02	0,13	parite_ref	0,26	0,01	0,09	parite	0,51	0,01	0,12
RachatF	0,16	0,01	-0,09	txmortV	0,21	0,00	0,06	ivv	0,51	0,01	0,12
RnaiCro	0,16	0,01	0,10	parite	0,16	0,00	0,07	deuxans_ref	0,19	0,00	-0,07
vel_ref	0,15	0,01	-0,09	RrefG	0,10	0,00	-0,05	RachatF	0,18	0,00	-0,07
txmortG	0,02	0,00	-0,03	RengF	0,03	0,00	0,02	vel_ref	0,08	0,00	0,04
ivv	0,00	0,00	0,00	Rprimovel	0,02	0,00	-0,03	RnaiCro	0,01	0,00	-0,02

## Annexe 6 : Détails de la classe 1 (variables qualitatives illustratives).

\$category\$`1`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_typo=lai_nai	26,11	77,44	35,76	0,00	Inf
raceL=66	27,42	78,57	34,56	0,00	Inf
raceA=SO	25,48	57,24	27,09	0,00	Inf
raceA=autre	15,81	26,49	20,20	0,00	15,24
groupe_typo=lai_eng	18,32	12,87	8,47	0,00	14,95
nbrace=3	13,51	22,70	20,26	0,00	5,99
nbrace=2	13,26	28,96	26,34	0,00	5,90
raceA=aucune	14,55	2,06	1,71	0,01	2,66
groupe_typo=mix_eng	7,67	2,03	3,19	0,00	-7,01
groupe_typo=mix_nai	8,25	3,07	4,49	0,00	-7,20
raceL=aucune	5,33	0,74	1,67	0,00	-8,03
raceL=autre	6,63	1,66	3,01	0,00	-8,55
raceL=56	8,41	5,07	7,27	0,00	-8,88
nbrace=1	10,92	48,34	53,40	0,00	-10,13
raceL=46	8,10	10,18	15,16	0,00	-14,54
raceA=79	3,61	2,80	9,34	0,00	-25,66
groupe_typo=all_nai	1,22	3,70	36,39	0,00	#NOM?
groupe_typo=all_eng	0,92	0,90	11,69	0,00	#NOM?
raceL=SO	1,19	3,79	38,34	0,00	#NOM?
raceA=38	3,78	7,95	25,34	0,00	#NOM?
raceA=34	2,56	3,46	16,31	0,00	#NOM?

## Annexe 7 : Détails de la classe 1 (variables quantitatives).

\$quanti\$`1`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd
txmortV	150,84	412,44	169,65	210,84	161,19
txmortF	146,51	6,98	2,62	3,78	2,98
Rprimovel	62,94	0,32	0,25	0,09	0,11
culling	56,14	27,41	21,57	8,73	10,41
rotation	47,47	30,19	25,15	8,79	10,64
ivv	35,91	446,63	428,16	38,21	51,50
vel_ref	28,13	366,60	329,02	118,92	133,80
Rculrot	24,48	0,92	0,86	0,16	0,22
reforme	14,72	20,44	18,96	8,66	10,08
txmortG	10,98	1,98	1,51	3,31	4,28
RachatF	7,54	0,04	0,04	0,07	0,09
Rachat_nai	-5,29	0,08	0,09	0,13	0,32
nbfem	-8,56	67,62	71,22	28,79	42,15
deuxans_ref	-9,39	337,19	359,02	200,02	232,70
RengM	-10,25	0,10	0,19	0,26	0,85
RnaiCro	-10,37	0,01	0,02	0,03	0,04
RnaiF	-12,85	0,63	0,65	0,10	0,12
parite_ref	-17,63	2,74	3,06	1,09	1,80
age_reforme	-26,50	5,82	6,52	1,33	2,65
RrefG	-28,30	0,10	0,16	0,12	0,20
parite	-37,91	1,97	2,36	0,51	1,03
RengF	-41,29	0,78	0,81	0,05	0,06
age_primo_ref	-46,71	2,66	3,15	0,40	1,05
age_moyen	-65,00	4,63	5,39	0,57	1,16
age_primo	-68,23	2,61	2,88	0,33	0,40
Rrefcul	-74,58	0,72	0,86	0,18	0,18

## Complément postérieur à la soutenance du rapport : résultats des classes 2 à 12

### Classe 2

\$category\$`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_tpto=lai_nai	43,35	60,02	35,76	0,00	Inf
groupe_tpto=lai_eng	47,85	15,69	8,47	0,00	Inf
raceL=66	42,49	56,83	34,56	0,00	Inf
raceA=SO	44,82	47,00	27,09	0,00	Inf
raceA=autre	31,38	24,53	20,20	0,00	16,98
raceL=56	34,92	9,83	7,27	0,00	15,26
nbrace=2	27,17	27,70	26,34	0,00	4,91
raceL=46	26,68	15,65	15,16	0,03	2,19
groupe_tpto=mix_nai	23,46	4,08	4,49	0,00	-3,20
groupe_tpto=mix_eng	22,40	2,77	3,19	0,00	-3,91
nbrace=3	24,41	19,15	20,26	0,00	-4,46
raceL=autre	21,04	2,45	3,01	0,00	-5,33
raceL=aucune	12,31	0,79	1,67	0,00	-11,72
raceA=79	15,20	5,50	9,34	0,00	-22,18
groupe_tpto=all_eng	10,16	4,60	11,69	1,145738e-320	-38,28
groupe_tpto=all_nai	9,12	12,85	36,39	0,00	#NOM?
raceL=SO	9,73	14,44	38,34	0,00	#NOM?
raceA=38	15,41	15,11	25,34	0,00	#NOM?
raceA=34	9,48	5,99	16,31	0,00	#NOM?

\$quanti\$`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
Rprimovel	115,69	0,33	0,25	0,08	0,11	0,00
rotation	79,20	30,42	25,15	8,62	10,64	0,00
reforme	69,70	23,36	18,96	8,50	10,08	0,00
culling	59,07	25,43	21,57	8,59	10,41	0,00
Rrefcul	43,46	0,91	0,86	0,10	0,18	0,00
txmortV	25,97	195,87	169,65	116,34	161,19	0,00
vel_ref	10,52	337,84	329,02	106,17	133,80	0,00
Rculrot	-7,85	0,85	0,86	0,21	0,22	0,00
RengM	-8,07	0,15	0,19	0,37	0,85	0,00
RnaiF	-13,70	0,64	0,65	0,09	0,12	0,00
txmortG	-16,35	1,07	1,51	2,23	4,28	0,00
ivv	-19,21	421,96	428,16	31,95	51,50	0,00
Rachat_nai	-24,57	0,04	0,09	0,09	0,32	0,00
RachatF	-26,16	0,02	0,04	0,05	0,09	0,00
nbfem	-26,25	64,29	71,22	23,20	42,15	0,00
txmortF	-29,47	2,07	2,62	1,82	2,98	0,00
RnaiCro	-31,49	0,01	0,02	0,02	0,04	0,00
parite_ref	-34,15	2,67	3,06	0,97	1,80	0,00
deuxans_ref	-40,68	299,71	359,02	159,61	232,70	0,00
RrefG	-41,74	0,11	0,16	0,10	0,20	0,00
age_reforme	-57,51	5,56	6,52	1,11	2,65	0,00
age_primo_ref	-73,10	2,67	3,15	0,33	1,05	0,00
parite	-79,65	1,85	2,36	0,42	1,03	0,00
RengF	-80,00	0,77	0,81	0,05	0,06	0,00
age_primo	-98,15	2,64	2,88	0,31	0,40	0,00
age_moyen	-120,26	4,51	5,39	0,44	1,16	0,00

## Classe 3

\$category\$`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_typo=all_nai		35,47	61,98	36,39	0,00 Inf
raceL=50		31,70	58,36	38,34	0,00 Inf
raceA=34		31,36	24,57	16,31	0,00 29,77
nbrace=1		24,05	61,66	53,40	0,00 23,08
raceA=38		26,54	32,30	25,34	0,00 21,76
raceL=46		28,48	20,73	15,16	0,00 20,87
raceL=autre		29,44	4,25	3,01	0,00 9,69
raceL=aucune		24,77	1,98	1,67	0,00 3,36
groupe_typo=mix_nai		22,49	4,85	4,49	0,02 2,38
groupe_typo=all_eng		18,17	10,20	11,69	0,00 -6,52
nbrace=2		18,87	23,87	26,34	0,00 -7,84
raceL=56		15,48	5,40	7,27	0,00 -10,31
raceA=autre		17,53	16,99	20,20	0,00 -11,23
raceA=aucune		7,59	0,62	1,71	0,00 -12,94
nbrace=3		14,88	14,47	20,26	0,00 -20,60
groupe_typo=mix_eng		3,13	0,48	3,19	0,00 -25,48
raceA=50		12,50	16,26	27,09	0,00 -35,19
groupe_typo=lai_nai		12,45	21,39	35,76	0,00 #NOM?
groupe_typo=lai_eng		2,71	1,10	8,47	0,00 #NOM?
raceL=66		5,59	9,27	34,56	0,00 #NOM?

\$quanti\$`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
RnaiF	104,67	0,74	0,65	0,08	0,12	0,00
parite_ref	93,94	4,27	3,06	1,60	1,80	0,00
RengF	92,36	0,85	0,81	0,05	0,06	0,00
parite	75,19	2,92	2,36	0,78	1,03	0,00
age_moyen	60,43	5,89	5,39	0,75	1,16	0,00
age_reforme	54,86	7,57	6,52	1,94	2,65	0,00
age_primo	24,25	2,95	2,88	0,21	0,40	0,00
Rrefcul	17,02	0,88	0,86	0,19	0,18	0,00
deuxans_ref	7,68	371,91	359,02	197,45	232,70	0,00
age_primo_ref	-5,04	3,11	3,15	0,45	1,05	0,00
RachatF	-15,52	0,03	0,04	0,06	0,09	0,00
RengM	-19,11	0,07	0,19	0,22	0,85	0,00
Rachat_nai	-20,77	0,05	0,09	0,08	0,32	0,00
txmortG	-21,03	0,86	1,51	2,28	4,28	0,00
RnaiCro	-27,52	0,01	0,02	0,02	0,04	0,00
nbfem	-29,49	62,25	71,22	30,62	42,15	0,00
Rculrot	-31,79	0,81	0,86	0,25	0,22	0,00
RrefG	-53,81	0,08	0,16	0,12	0,20	0,00
txmortF	-55,94	1,41	2,62	1,81	2,98	0,00
txmortV	-57,54	102,78	169,65	99,70	161,19	0,00
vel_ref	-59,12	271,99	329,02	113,82	133,80	0,00
ivv	-59,89	405,92	428,16	31,91	51,50	0,00
reforme	-76,74	13,38	18,96	7,05	10,08	0,00
Rprimovel	-81,07	0,19	0,25	0,07	0,11	0,00
rotation	-88,05	18,39	25,15	7,13	10,64	0,00
culling	-90,30	14,79	21,57	7,12	10,41	0,00

## Classe 4

\$category\$`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_typo=lai_eng	13,69	35,92	8,47	2,263550e-317	38,09
nbrace=3	6,60	41,47	20,26	0,00	23,87
raceL=66	4,90	52,48	34,56	0,00	18,12
groupe_typo=mix_eng	9,04	8,94	3,19	0,00	13,42
raceA=aucune	9,51	5,04	1,71	0,00	10,40
raceA=autre	4,10	25,67	20,20	0,00	6,54
nbrace=2	3,50	28,55	26,34	0,01	2,46
groupe_typo=all_eng	3,61	13,09	11,69	0,03	2,12
raceA=79	2,62	7,58	9,34	0,00	-3,07
groupe_typo=mix_nai	1,70	2,37	4,49	0,00	-5,50
raceA=34	1,76	8,89	16,31	0,00	-10,66
groupe_typo=lai_nai	2,22	24,65	35,76	0,00	-11,78
raceL=50	1,65	19,61	38,34	0,00	-19,93
nbrace=1	1,81	29,99	53,40	0,00	-23,36
groupe_typo=all_nai	1,33	15,04	36,39	0,00	-23,43

\$quanti\$`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
Rachat_nai	137,28	0,98	0,09	0,62	0,32	0,00
RachatF	118,38	0,26	0,04	0,22	0,09	0,00
rotation	55,96	37,20	25,15	12,04	10,64	0,00
culling	49,69	32,05	21,57	12,18	10,41	0,00
reforme	47,25	28,60	18,96	12,19	10,08	0,00
RengM	36,34	0,82	0,19	0,98	0,85	0,00
Rprimovel	29,34	0,32	0,25	0,13	0,11	0,00
txmortF	13,83	3,45	2,62	3,21	2,98	0,00
RrefG	7,28	0,19	0,16	0,19	0,20	0,00
txmortV	6,02	189,30	169,65	145,88	161,19	0,00
Rrefcul	5,53	0,88	0,86	0,13	0,18	0,00
RnaiCro	3,28	0,02	0,02	0,04	0,04	0,00
Rculrot	2,91	0,88	0,86	0,20	0,22	0,00
vel_ref	2,40	335,52	329,02	116,15	133,80	0,02
ivv	2,37	430,63	428,16	41,32	51,50	0,02
deuxans_ref	-4,32	338,67	359,02	209,58	232,70	0,00
age_primo_ref	-14,82	2,84	3,15	0,47	1,05	0,00
parite_ref	-16,07	2,47	3,06	1,43	1,80	0,00
age_primo	-16,41	2,75	2,88	0,32	0,40	0,00
age_reforme	-17,23	5,59	6,52	1,71	2,65	0,00
parite	-17,52	2,00	2,36	0,90	1,03	0,00
age_moyen	-20,40	4,91	5,39	0,88	1,16	0,00
RnaiF	-35,44	0,56	0,65	0,12	0,12	0,00
RengF	-58,55	0,73	0,81	0,06	0,06	0,00

## Classe 5

\$category\$`5`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_typo=all_nai		17,02	56,34	36,39	0,00 Inf
groupe_typo=all_eng		25,07	26,65	11,69	0,00 Inf
raceL=SO		20,03	69,82	38,34	0,00 Inf
raceA=38		22,84	52,64	25,34	0,00 Inf
nbrace=1		12,81	62,18	53,40	0,00 16,84
raceA=34		13,08	19,41	16,31	0,00 7,79
raceA=aucune		8,79	1,37	1,71	0,01 -2,58
raceL=aucune		8,20	1,24	1,67	0,00 -3,26
groupe_typo=mix_eng		8,87	2,57	3,19	0,00 -3,44
raceL=autre		8,27	2,26	3,01	0,00 -4,31
raceL=56		9,03	5,97	7,27	0,00 -4,89
nbrace=2		9,78	23,42	26,34	0,00 -6,36
groupe_typo=mix_nai		7,27	2,97	4,49	0,00 -7,36
raceL=46		8,02	11,05	15,16	0,00 -11,29
nbrace=3		7,81	14,40	20,26	0,00 -14,39
raceA=autre		7,43	13,65	20,20	0,00 -16,15
groupe_typo=lai_eng		3,99	3,07	8,47	0,00 -20,70
groupe_typo=lai_nai		2,58	8,39	35,76	0,00 #NOM?
raceL=66		3,07	9,66	34,56	0,00 #NOM?
raceA=SO		1,64	4,05	27,09	0,00 #NOM?

\$quanti\$`5`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
RrefG	175,02	0,52	0,16	0,19	0,20	0,00
reforme	55,53	24,85	18,96	10,46	10,08	0,00
culling	43,30	26,32	21,57	10,46	10,41	0,00
rotation	38,85	29,49	25,15	9,39	10,64	0,00
Rrefcul	38,14	0,93	0,86	0,10	0,18	0,00
age_primo	28,17	3,00	2,88	0,22	0,40	0,00
Rculrot	11,85	0,89	0,86	0,20	0,22	0,00
age_moyen	3,59	5,43	5,39	0,77	1,16	0,00
age_primo_ref	3,22	3,19	3,15	0,67	1,05	0,00
nbfem	-4,05	69,42	71,22	31,25	42,15	0,00
txmortG	-10,45	1,04	1,51	2,23	4,28	0,00
vel_ref	-10,49	314,26	329,02	114,48	133,80	0,00
Rachat_nai	-11,42	0,06	0,09	0,11	0,32	0,00
RnaiCro	-11,55	0,01	0,02	0,03	0,04	0,00
deuxans_ref	-13,69	325,50	359,02	159,07	232,70	0,00
RachatF	-16,79	0,02	0,04	0,05	0,09	0,00
txmortF	-36,58	1,47	2,62	1,79	2,98	0,00
ivv	-39,29	406,88	428,16	35,31	51,50	0,00
Rprimovel	-39,73	0,21	0,25	0,08	0,11	0,00
parite	-41,29	1,92	2,36	0,76	1,03	0,00
txmortV	-42,40	97,75	169,65	96,40	161,19	0,00
RengF	-50,03	0,77	0,81	0,05	0,06	0,00
RnaiF	-52,66	0,58	0,65	0,09	0,12	0,00
age_reforme	-96,57	3,82	6,52	0,98	2,65	0,00
parite_ref	-120,80	0,77	3,06	0,88	1,80	0,00

## Classe 6

\$category\$`6`	Cl/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_typo=mix_eng	37,56	14,17	3,19	0,00	Inf
raceA=38	17,48	52,34	25,34	0,00	Inf
groupe_typo=mix_nai	20,57	10,92	4,49	0,00	22,14
groupe_typo=all_eng	14,56	20,11	11,69	0,00	20,00
nbrace=3	12,38	29,64	20,26	0,00	18,37
raceL=56	12,41	10,66	7,27	0,00	10,16
raceL=50	9,68	43,84	38,34	0,00	9,25
groupe_typo=all_nai	9,63	41,41	36,39	0,00	8,50
nbrace=2	9,12	28,40	26,34	0,00	3,82
raceL=aucune	10,91	2,15	1,67	0,00	2,99
raceA=34	9,08	17,51	16,31	0,01	2,64
raceL=autre	6,82	2,42	3,01	0,00	-2,89
raceL=46	7,41	13,28	15,16	0,00	-4,38
raceL=66	6,77	27,64	34,56	0,00	-12,16
groupe_typo=lai_eng	4,37	4,38	8,47	0,00	-13,11
raceA=autre	5,04	12,02	20,20	0,00	-17,71
nbrace=1	6,65	41,95	53,40	0,00	-18,85
groupe_typo=lai_nai	2,13	9,01	35,76	0,00	#NOM?
raceA=50	2,07	6,62	27,09	0,00	#NOM?

\$quanti\$`6`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
nbfem	179,14	163,04	71,22	50,23	42,15	0,00
reforme	24,09	21,91	18,96	7,70	10,08	0,00
Rrefcul	20,37	0,90	0,86	0,09	0,18	0,00
RrefG	19,53	0,21	0,16	0,15	0,20	0,00
culling	19,04	23,98	21,57	7,76	10,41	0,00
rotation	13,62	26,91	25,15	7,35	10,64	0,00
Rculrot	12,09	0,89	0,86	0,16	0,22	0,00
Rprimovel	8,65	0,27	0,25	0,07	0,11	0,00
age_primo	7,39	2,92	2,88	0,21	0,40	0,00
RengM	2,27	0,21	0,19	0,33	0,85	0,02
Rachat_nai	-9,44	0,06	0,09	0,11	0,32	0,00
RnaiCro	-12,77	0,01	0,02	0,03	0,04	0,00
txmortV	-13,73	142,73	169,65	99,88	161,19	0,00
age_primo_ref	-14,33	2,97	3,15	0,30	1,05	0,00
RnaiF	-14,79	0,63	0,65	0,08	0,12	0,00
txmortF	-15,01	2,07	2,62	1,69	2,98	0,00
RachatF	-15,42	0,02	0,04	0,04	0,09	0,00
vel_ref	-16,55	302,09	329,02	89,08	133,80	0,00
RengF	-16,61	0,79	0,81	0,04	0,06	0,00
age_moyen	-20,87	5,09	5,39	0,60	1,16	0,00
parite_ref	-28,35	2,44	3,06	1,24	1,80	0,00
ivv	-30,15	409,28	428,16	31,94	51,50	0,00
age_reforme	-31,72	5,49	6,52	1,37	2,65	0,00
parite	-32,92	1,95	2,36	0,57	1,03	0,00

## Classe 7

\$category\$`7`	Cl/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test	
nbrace=3		6,89	47,42	20,26	0,00	28,71
groupe_typo=mix_nai		8,95	13,64	4,49	0,00	17,07
raceL=aucune		11,81	6,68	1,67	0,00	14,13
raceA=autre		4,72	32,39	20,20	0,00	13,50
raceA=aucune		11,19	6,50	1,71	0,00	13,48
groupe_typo=mix_eng		7,37	7,98	3,19	0,00	10,91
raceL=autre		4,68	4,78	3,01	0,00	4,53
nbrace=2		3,37	30,12	26,34	0,00	3,99
raceL=46		3,42	17,59	15,16	0,00	3,13
raceL=SO		2,73	35,50	38,34	0,01	-2,76
raceA=79		2,41	7,66	9,34	0,01	-2,80
groupe_typo=all_eng		2,14	8,49	11,69	0,00	-4,88
groupe_typo=lai_nai		2,42	29,42	35,76	0,00	-6,32
groupe_typo=lai_eng		1,68	4,83	8,47	0,00	-6,63
raceL=66		2,37	27,84	34,56	0,00	-6,76
raceA=34		1,94	10,72	16,31	0,00	-7,51
raceA=SO		1,86	17,08	27,09	0,00	-11,11
nbrace=1		1,24	22,46	53,40	0,00	-29,80

\$quanti\$`7`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value	
RnaiCro	185,05	0,20	0,02	0,08	0,04	0,00	0,00
age_moyen	20,30	5,89	5,39	1,11	1,16	0,00	0,00
age_primo	15,80	3,02	2,88	0,34	0,40	0,00	0,00
parite	13,63	2,66	2,36	1,05	1,03	0,00	0,00
RengF	13,43	0,82	0,81	0,06	0,06	0,00	0,00
ivv	8,30	437,23	428,16	51,53	51,50	0,00	0,00
age_reforme	7,98	6,97	6,52	2,49	2,65	0,00	0,00
deuxans_ref	6,63	391,76	359,02	219,07	232,70	0,00	0,00
age_primo_ref	6,49	3,30	3,15	0,83	1,05	0,00	0,00
parite_ref	6,28	3,30	3,06	1,79	1,80	0,00	0,00
RachatF	5,38	0,05	0,04	0,08	0,09	0,00	0,00
RengM	-3,69	0,12	0,19	0,24	0,85	0,00	0,00
txmortG	-4,14	1,14	1,51	2,90	4,28	0,00	0,00
vel_ref	-4,83	315,29	329,02	136,92	133,80	0,00	0,00
txmortV	-10,98	132,09	169,65	132,70	161,19	0,00	0,00
Rrefcul	-11,29	0,82	0,86	0,25	0,18	0,00	0,00
culling	-14,25	18,42	21,57	9,83	10,41	0,00	0,00
reforme	-14,96	15,76	18,96	9,79	10,08	0,00	0,00
rotation	-16,23	21,48	25,15	9,74	10,64	0,00	0,00
Rprimovel	-18,72	0,21	0,25	0,10	0,11	0,00	0,00
nbfem	-23,63	50,08	71,22	31,60	42,15	0,00	0,00

## Classe 8

\$category\$`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
raceA=79		21,29	29,86	9,34	0,00 Inf
groupe_typo=all_nai		9,16	50,03	36,39	0,00 20,12
raceL=SO		7,71	44,37	38,34	0,00 8,89
raceL=aucune		9,27	2,32	1,67	0,00 3,50
raceL=autre		8,31	3,76	3,01	0,00 3,06
raceL=46		6,19	14,08	15,16	0,03 -2,20
raceA=34		5,71	13,97	16,31	0,00 -4,66
groupe_typo=mix_nai		4,66	3,14	4,49	0,00 -4,95
groupe_typo=lai_nai		6,02	32,30	35,76	0,00 -5,26
groupe_typo=all_eng		4,97	8,72	11,69	0,00 -6,93
raceA=autre		5,33	16,17	20,20	0,00 -7,42
raceA=SO		5,50	22,37	27,09	0,00 -7,82
raceL=66		5,44	28,24	34,56	0,00 -9,75
groupe_typo=mix_eng		2,14	1,03	3,19	0,00 -10,22
groupe_typo=lai_eng		3,76	4,78	8,47	0,00 -10,29
raceA=38		4,27	16,25	25,34	0,00 -15,78

\$quanti\$`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
ivv	141,38	528,92	428,16	80,36	51,50	0,00
deuxans_ref	116,58	734,46	359,02	495,23	232,70	0,00
age_primo	94,43	3,40	2,88	0,53	0,40	0,00
vel_ref	69,57	457,85	329,02	209,86	133,80	0,00
age_moyen	46,24	6,13	5,39	1,12	1,16	0,00
RengF	45,27	0,85	0,81	0,05	0,06	0,00
age_primo_ref	43,91	3,79	3,15	1,17	1,05	0,00
age_reforme	39,81	7,98	6,52	2,60	2,65	0,00
txmortF	19,16	3,41	2,62	3,24	2,98	0,00
txmortG	5,85	1,86	1,51	3,66	4,28	0,00
parite_ref	4,13	3,16	3,06	1,62	1,80	0,00
RrefG	-2,50	0,15	0,16	0,20	0,20	0,01
Rculrot	-4,78	0,85	0,86	0,24	0,22	0,00
RengM	-8,38	0,09	0,19	0,25	0,85	0,00
Rachat_nai	-8,51	0,06	0,09	0,11	0,32	0,00
RachatF	-10,03	0,02	0,04	0,05	0,09	0,00
Rprimovel	-13,68	0,23	0,25	0,11	0,11	0,00
parite	-14,87	2,15	2,36	0,87	1,03	0,00
nbfem	-22,17	58,28	71,22	30,08	42,15	0,00
txmortV	-29,64	103,53	169,65	120,40	161,19	0,00
culling	-42,24	15,49	21,57	8,31	10,41	0,00
rotation	-47,23	18,19	25,15	8,14	10,64	0,00
reforme	-49,27	12,08	18,96	8,00	10,08	0,00
Rrefcul	-50,04	0,73	0,86	0,28	0,18	0,00
Rnaif	-96,36	0,49	0,65	0,10	0,12	0,00

## Classe 9

\$category\$`9`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
groupe_typo=all_nai		13,08	62,79	36,39	0,00 Inf
raceL=50		14,26	72,09	38,34	0,00 Inf
raceA=34		23,52	50,60	16,31	0,00 Inf
groupe_typo=all_eng		18,45	28,45	11,69	0,00 35,56
raceA=79		13,15	16,21	9,34	0,00 16,86
nbrace=1		8,85	62,29	53,40	0,00 13,89
raceL=aucune		11,89	2,61	1,67	0,00 5,34
raceL=autre		9,00	3,57	3,01	0,01 2,49
raceL=46		7,07	14,13	15,16	0,03 -2,23
raceA=autre		6,92	18,44	20,20	0,00 -3,42
raceA=aucune		3,92	0,88	1,71	0,00 -5,38
nbrace=2		6,63	23,02	26,34	0,00 -5,91
raceL=56		5,23	5,01	7,27	0,00 -7,07
nbrace=3		5,50	14,69	20,26	0,00 -11,12
groupe_typo=mix_nai		2,07	1,23	4,49	0,00 -14,22
groupe_typo=mix_eng		1,11	0,47	3,19	0,00 -14,70
groupe_typo=lai_eng		0,82	0,92	8,47	0,00 -26,00
raceA=38		2,76	9,21	25,34	0,00 -31,58
groupe_typo=lai_nai		1,30	6,15	35,76	0,00 #NOM?
raceL=66		0,57	2,58	34,56	0,00 #NOM?
raceA=50		1,30	4,65	27,09	0,00 #NOM?

\$quanti\$`9`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value
age_reforme	174,57	12,49	6,52	2,42	2,65	0,00
age_primo_ref	172,25	5,49	3,15	2,01	1,05	0,00
parite	159,05	4,48	2,36	1,11	1,03	0,00
age_moyen	154,64	7,71	5,39	1,06	1,16	0,00
parite_ref	123,24	5,91	3,06	1,40	1,80	0,00
RengF	100,44	0,89	0,81	0,05	0,06	0,00
age_primo	73,89	3,26	2,88	0,46	0,40	0,00
RnaiF	72,46	0,76	0,65	0,11	0,12	0,00
deuxans_ref	33,02	458,19	359,02	318,64	232,70	0,00
RachatF	9,01	0,05	0,04	0,08	0,09	0,00
RnaiCro	8,87	0,02	0,02	0,05	0,04	0,00
Rculrot	7,71	0,88	0,86	0,21	0,22	0,00
ivv	7,67	433,26	428,16	51,71	51,50	0,00
vel_ref	3,85	335,66	329,02	178,57	133,80	0,00
RengM	-2,85	0,16	0,19	0,30	0,85	0,00
Rachat_nai	-4,88	0,07	0,09	0,13	0,32	0,00
txmortG	-13,91	0,74	1,51	2,54	4,28	0,00
Rrefcul	-14,69	0,82	0,86	0,24	0,18	0,00
txmortF	-21,46	1,79	2,62	2,46	2,98	0,00
nbfem	-39,97	49,47	71,22	28,59	42,15	0,00
txmortV	-44,18	77,73	169,65	94,34	161,19	0,00
RrefG	-49,98	0,03	0,16	0,09	0,20	0,00
reforme	-76,56	9,00	18,96	5,71	10,08	0,00
culling	-80,27	10,79	21,57	5,99	10,41	0,00
rotation	-92,41	12,46	25,15	6,49	10,64	0,00
Rprimovel	-97,73	0,12	0,25	0,07	0,11	0,00

## Classe 10

\$category\$`10`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test	
groupe_typo=lai_eng		1,73	63,69	8,47	0,00	17,88
groupe_typo=all_eng		0,65	33,33	11,69	0,00	7,38
raceL=66		0,38	57,14	34,56	0,00	5,96
raceA=autre		0,31	27,38	20,20	0,02	2,24
raceL=autre		0,00	0,00	3,01	0,01	-2,76
raceA=38		0,13	14,29	25,34	0,00	-3,47
groupe_typo=mix_nai		0,00	0,00	4,49	0,00	-3,52
raceL=46		0,06	4,17	15,16	0,00	-4,52
groupe_typo=lai_nai		0,00	0,00	35,76	0,00	-11,98
groupe_typo=all_nai		0,00	0,00	36,39	0,00	-12,12

\$quanti\$`10`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value	
RengM	200,66	13,35	0,19	7,90	0,85	0,00	
culling	5,59	26,05	21,57	10,88	10,41	0,00	
reforme	4,58	22,52	18,96	10,95	10,08	0,00	
RachatF	4,34	0,07	0,04	0,12	0,09	0,00	
rotation	4,29	28,66	25,15	11,23	10,64	0,00	
txmortF	3,97	3,53	2,62	3,61	2,98	0,00	
ivv	2,77	439,15	428,16	54,46	51,50	0,01	
Rprimovel	2,66	0,28	0,25	0,13	0,11	0,01	
Rculrot	2,66	0,91	0,86	0,17	0,22	0,01	
Rachat_nai	2,53	0,16	0,09	0,29	0,32	0,01	
txmortG	2,23	2,25	1,51	6,71	4,28	0,03	
parite_ref	-2,39	2,73	3,06	1,43	1,80	0,02	
deuxans_ref	-2,47	314,71	359,02	189,27	232,70	0,01	
age_reforme	-2,95	5,92	6,52	1,85	2,65	0,00	
RnaiF	-3,13	0,62	0,65	0,12	0,12	0,00	
age_moyen	-3,60	5,07	5,39	1,15	1,16	0,00	
age_primo_ref	-3,64	2,86	3,15	0,68	1,05	0,00	
RengF	-4,48	0,78	0,81	0,07	0,06	0,00	
age_primo	-5,17	2,72	2,88	0,42	0,40	0,00	
nbfem	-6,17	51,17	71,22	21,81	42,15	0,00	
txmortV	-7,31	78,89	169,65	52,35	161,19	0,00	

## Classe 11

\$category\$`11`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test	
groupe_typo=lai_nai		1,40	47,85	35,76	0,00	6,89
raceL=46		1,47	21,25	15,16	0,00	4,52
raceL=autre		2,09	6,00	3,01	0,00	4,32
raceA=autre		1,28	24,64	20,20	0,00	3,01
raceA=79		1,38	12,26	9,34	0,01	2,68
nbrace=3		1,22	23,60	20,26	0,02	2,27
raceA=34		1,22	19,04	16,31	0,04	2,02
groupe_typo=all_eng		0,80	8,87	11,69	0,01	-2,52
groupe_typo=mix_nai		0,58	2,48	4,49	0,00	-2,90
nbrace=1		0,93	47,59	53,40	0,00	-3,24
groupe_typo=mix_eng		0,34	1,04	3,19	0,00	-3,87
raceL=66		0,83	27,51	34,56	0,00	-4,19
groupe_typo=lai_eng		0,37	3,00	8,47	0,00	-6,20
raceA=38		0,53	12,91	25,34	0,00	-8,52

\$quanti\$`11`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value	
txmortG	181,92	29,49	1,51	17,79	4,28	0,00	
ivv	24,33	473,17	428,16	77,92	51,50	0,00	
deuxans_ref	21,22	536,40	359,02	370,30	232,70	0,00	
age_moyen	19,54	6,20	5,39	1,32	1,16	0,00	
age_primo	18,95	3,15	2,88	0,49	0,40	0,00	
RengF	17,64	0,85	0,81	0,07	0,06	0,00	
txmortF	15,61	4,29	2,62	4,86	2,98	0,00	
age_reforme	15,26	7,97	6,52	2,97	2,65	0,00	
parite	13,56	2,86	2,36	1,26	1,03	0,00	
age_primo_ref	13,32	3,66	3,15	1,45	1,05	0,00	
RachatF	9,32	0,07	0,04	0,11	0,09	0,00	
RnaiCro	9,11	0,03	0,02	0,06	0,04	0,00	
parite_ref	8,70	3,62	3,06	1,86	1,80	0,00	
vel_ref	7,00	362,65	329,02	181,41	133,80	0,00	
Rachat_nai	2,12	0,12	0,09	0,22	0,32	0,03	
RengM	-3,20	0,09	0,19	0,27	0,85	0,00	
RnaiF	-4,86	0,63	0,65	0,15	0,12	0,00	
RrefG	-6,33	0,12	0,16	0,22	0,20	0,00	
Rprimovel	-12,22	0,21	0,25	0,11	0,11	0,00	
culling	-14,24	16,25	21,57	10,20	10,41	0,00	
rotation	-16,01	19,03	25,15	10,54	10,64	0,00	
nbfem	-16,03	46,94	71,22	25,47	42,15	0,00	
reforme	-19,31	11,97	18,96	9,16	10,08	0,00	
Rrefcul	-22,74	0,71	0,86	0,30	0,18	0,00	

## Classe 12

\$category\$`12`	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test	
groupe_typo=lai_eng		0,71	47,31	8,47	0,00	9,85
groupe_typo=all_eng		0,48	44,09	11,69	0,00	7,82
raceL=66		0,17	46,24	34,56	0,02	2,32
groupe_typo=mix_nai		0,00	0,00	4,49	0,01	-2,46
raceL=46		0,05	5,38	15,16	0,00	-2,88
groupe_typo=all_nai		0,02	4,30	36,39	0,00	-7,36
groupe_typo=lai_nai		0,00	0,00	35,76	0,00	-8,81

\$quanti\$`12`	v,test	Mean in cat	Overall mean	sd in cat	overall sd	p,value	
Rachat_nai	172,92	5,78	0,09	2,71	0,32	0,00	
RengM	57,58	5,27	0,19	3,26	0,85	0,00	
RachatF	55,18	0,57	0,04	1,14	0,09	0,00	
culling	7,67	29,85	21,57	10,84	10,41	0,00	
reforme	7,44	26,73	18,96	10,42	10,08	0,00	
rotation	5,79	31,53	25,15	11,77	10,64	0,00	
Rprimovel	5,32	0,31	0,25	0,12	0,11	0,00	
Rculrot	4,03	0,95	0,86	0,13	0,22	0,00	
age_primo	-2,79	2,77	2,88	0,32	0,40	0,01	
age_primo_ref	-3,02	2,82	3,15	0,38	1,05	0,00	
parite_ref	-3,27	2,45	3,06	1,42	1,80	0,00	
age_reforme	-3,50	5,56	6,52	1,50	2,65	0,00	
parite	-4,17	1,92	2,36	0,87	1,03	0,00	
RengF	-4,18	0,78	0,81	0,07	0,06	0,00	
age_moyen	-4,58	4,84	5,39	0,83	1,16	0,00	
RnaiF	-5,14	0,58	0,65	0,12	0,12	0,00	