



HAL
open science

La production valorisée des prairies permanentes en système bovin laitier autonome

Morgane Le Bris

► **To cite this version:**

Morgane Le Bris. La production valorisée des prairies permanentes en système bovin laitier autonome. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. hal-03147112

HAL Id: hal-03147112

<https://hal.inrae.fr/hal-03147112>

Submitted on 19 Feb 2021

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

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



55, rue Rabelais – B.P. 748
49007 ANGERS CEDEX 01
TEL. : 02.41.23.55.55



662, avenue Louis buffet,
88500 MIRECOURT
TEL. : 03.29.38.55.00

La production valorisée des prairies permanentes en
système bovin laitier autonome



STAGE Recherche et Innovation – 2017

Mots-clés : Prairies permanentes, production valorisée,
pâturage

Morgane LE BRIS

Promotion 2013



55, rue Rabelais – B.P. 748
49007 ANGERS CEDEX 01
TEL. : 02.41.23.55.55



662, avenue Louis buffet,
88500 MIRECOURT
TEL. : 03.29.38.55.00

La production valorisée des prairies permanentes en
système bovin laitier autonome



STAGE Recherche et Innovation – 2017

Mots-clés : Prairies permanentes, production valorisée,
pâturage

Morgane LE BRIS

Promotion 2013

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur : Morgane LE BRIS

Promotion 2013

La production valorisée des prairies permanentes en système bovin laitier autonome, 31 pages, 6 tableaux, 19 figures.

Mots-clés : Prairies permanentes, production valorisée, pâturage

RÉSUMÉ D'AUTEUR

De 2005 à 2015, un système d'élevage "radicalement" herbager a été conçu pour conduire un troupeau de 40 vaches laitières Holstein et Montbéliarde en Agriculture biologique sur l'installation expérimentale de l'unité INRA-ASTER à Mirecourt (Vosges). Les animaux ont eu accès à 22 parcelles de prairies permanentes en pâturage tournant.

L'objectif de l'étude est de rendre compte de la production valorisée des prairies accessibles au troupeau de vaches laitières, au regard de la variabilité spatiale et temporelle de leur utilisation.

Le calcul du rendement d'herbe valorisé en kg MS/ha a été effectué avec l'outil HerbValo (Delagarde *et al.*, 2017), qui permet d'enregistrer les événements d'utilisation des prairies, et calculer l'ingestion d'herbe au pâturage. Les principales données requises ont été fournies par les bases de données ASTER-ix et ALADIN de l'unité de recherche, les calendriers de pâturage, le suivi de la croissance de l'herbe. Les résultats ont ensuite été croisés avec des variables relevant des caractéristiques propres aux parcelles, de leur mode d'utilisation et des conditions climatiques chaque année du dispositif. Les données ont été traitées avec le logiciel R.

La production valorisée moyenne des 22 parcelles a été de $5,283 \pm 1,38$ t MS/ha/an, avec une part du pâturage s'élevant à 67%. L'analyse statistique a permis d'identifier 9 groupes d'individus constitués de 10 à 64 parcelles – années. Ils mettent en valeur les niveaux de production valorisée associés notamment à la combinaison des caractéristiques des parcelles et des pratiques appliquées au cours des 11 années. La part de pâturage au sein des groupes reste très variable, car elle dépend en partie des conditions climatiques rencontrées au fil des années.

BIBLIOGRAPHIC RECORD

Author: Morgane LE BRIS

Promotion 2013

Pasture utilisation rate of permanent grassland in a self-sufficient organic dairy grazing system, 31p., 6 tables, 19 figures.

Key words : Permanent grassland, pasture utilization rate, grazing system

ABSTRACT

From 2005 to 2015, an organic and pasture-based dairy system was designed to farm a 40 - Montbéliarde and Prim'Holstein cow herd on the experimental station of the ASTER research unit in Mirecourt (Vosges). Cows had an access to 22 plots of permanent grassland in a rotational grazing system.

The purpose of this study is to summarize the production rate of the herd accessible pastures, in regard to the spatial and year-to-year variability of utilization.

Total pasture utilisation rate and grazing part (in kg DM/ha) were calculated using the computerized version of a new French tool named Herb'Valo (Delagarde *et al.*, 2017). It registers pasture utilization events and calculates grazing pasture ingestion. The main needed information have been found out from the ASTER-ix and ALADIN data base of the research unit, pasture schedule plans and grass-growing data. Results have been analyzed, taking several parameters into account: plot-specific characteristics, utilization type and climatic conditions each year. Data were treated with the statistical analysis software R.

Overall, the mean total pasture utilisation rate settled at $5\,283 \pm 1\,383$ kg DM/ha/year while the grazing part was 67%. Statistical analysis identified 9 groups of 10 to 64 plot-years entities. They enhanced different pasture utilization rates associated to the combined plot-characteristics, practices applied over the 11-year experiment. The grazing part in total production is variable in the groups, as it depends on the very different relevant climatic conditions over the years.

Remerciements

Je souhaite d'abord exprimer ma reconnaissance à **Jean-Louis FIORELLI**, mon maître de stage, tant il a su m'apporter ses connaissances sur les systèmes herbagers, me partager son goût pour le pâturage et le grand intérêt que l'on a à mieux le considérer pour rendre les systèmes d'élevage plus autonomes à l'avenir. Je tiens à le remercier, pour avoir répondu à toutes mes questions qui ont pu survenir quotidiennement. Sa patience et ses qualités d'écoute ont rendu optimales les conditions dans lesquelles j'ai travaillé.

Je tiens également à remercier toutes les personnes de **l'unité ASTER**, aux côtés de qui j'ai passé plus de 3 mois dans une ambiance de travail toujours excellente. Pour leur grande disponibilité et leur générosité, je souhaiterais plus particulièrement remercier :

Rémi LAVE et **Louis ECHAMPARD** (techniciens de recherche de l'installation expérimentale), qui m'ont consacré de leur temps toujours dans la bonne humeur, et partagé leurs savoir-faire sur la gestion du troupeau et des prairies ;

Jean-Marie TROMMENSCHLAGER (ingénieur d'études) pour son appui indispensable à la réflexion scientifique et la réalisation du stage ;

Thomas PUECH (ingénieur de recherche) pour son aide si précieuse, et qui grâce à sa grande patience et sa disponibilité inépuisable, m'a permis de finaliser ce stage avec sérénité ;

Amandine DURPOIX (ingénieurs d'études) pour ses conseils sur la communication de mes résultats.

Je me tourne enfin vers **Yvane ROBIC** et **Rémy DELAGARDE** pour les remercier d'avoir mis à disposition leurs conseils et les informations nécessaires à la bonne utilisation d'HerbValo.

Tables des matières

Remerciements

Tables des matières

Sigles et abréviations

Introduction	1
I. Éclairer la question traitée.....	2
1. La structure d'accueil et le contexte de l'étude	2
a. Présentation de l'INRA et de l'unité ASTER de Mirecourt	2
b. Contexte de l'étude	4
c. La place du stage	5
2. Les éléments bibliographiques existants	6
a. Etat des connaissances sur la production des prairies permanentes	6
b. Les facteurs influençant le rendement valorisé des prairies	8
c. Le calcul du rendement d'herbe valorisé	10
3. Problématique.....	13
II. Méthodologie élaborée pour répondre à la question posée	15
1. Matériel	15
a. Prise de connaissances de l'outil HerbValo et des données à disposition pour calculer le rendement d'herbe valorisée	15
b. Les méthodes de saisie mises au point	18
2. Les données collectées à l'issue de l'utilisation d'HerbValo.....	19
3. Choix d'analyse statistique.....	20
a. Individus et variables	20
b. Analyse multivariée avec le logiciel R	20
III. Les résultats obtenus	22
1. Résultats issus des calculs d'HerbValo	22

2.	Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) et de la classification HCPC	23
3.	Description des clusters.....	23
IV.	Discussion et analyse critique des résultats.....	27
1.	Un retour d'expérience sur l'utilisation d'HerbValo	27
2.	Les choix d'analyse statistique.....	28
3.	Premiers éléments d'analyse sur les résultats obtenus.....	30
V.	Conclusion.....	31

Bibliographie

Lexique

Tables des figures et tableaux

Table des annexes

Sigles et abréviations

AFPF : association française de production fourragère

ASTER : agrosystèmes territoires ressources

cm : centimètre

ha : hectare

h : heure

INRA : institut national de la recherche agronomique

kg : kilogramme

l : litre

min : minute

MS : matière sèche

RMT : réseau mixte technologique

SAD : sciences pour l'action et le développement

t : tonne

UE : unité d'encombrement

UGB : unité gros bovin

VL : vache laitière

Introduction

Les enjeux économiques et environnementaux forts autour de la production agricole remettent aujourd'hui en question les modifications profondes vécues par le « paysage fourrager » français depuis 60 ans. L'intensification fourragère s'est accompagnée de l'émergence des prairies semées, d'une croissance soutenue de la fertilisation, et de développements majeurs dans la valorisation des fourrages. La part des surfaces toujours en herbe en France a fortement diminué depuis la fin des années 1970, au profit pour partie des surfaces en cultures fourragères. Cette évolution s'accompagne d'un recul marqué du modèle de polyculture – élevage. Parallèlement, la Révolution fourragère et son message d'intensification a entraîné une quasi absence des travaux de recherche concernant le pâturage en France. C'est au début des années 1980 qu'un retour d'intérêt pour le pâturage et la prairie est observé. Néanmoins, la quantité d'herbe valorisée des prairies permanentes et notamment celle pâturée par les herbivores reste largement méconnue, plaçant le pâturage au second plan dans la réflexion de ces systèmes d'élevage.

En ce sens, la conception d'outils de calculs d'herbe valorisée des prairies utilisables par les techniciens et les éleveurs est un bond en avant dans la Recherche et le Développement sur le pâturage des prairies par les herbivores.

L'unité de recherche INRA-ASTER de Mirecourt a cherché à concevoir dans les années 2000 des systèmes agricoles bovins laitiers plus autonomes et durables du point de vue environnemental. En 2004, deux systèmes de production ont été mis en place avec une visée de forte économie d'intrants et d'autonomie : un système herbager « radical » cherchant à maximiser la valorisation des prairies permanentes ; et un système de polyculture-élevage visant à tirer parti de la complémentarité troupeau – cultures.

Le retour d'analyse proposé dans le cadre de ce stage vise à rendre compte de la variabilité de production des prairies permanentes de ces systèmes, ainsi que des tenants de cette variabilité.

Nous présenterons dans un premier temps le contexte de cette étude, dans le projet de recherche mené par l'unité ASTER, et parmi les connaissances existantes sur la valorisation des prairies permanentes. La démarche méthodologique mise en place sera ensuite présentée, aboutissant aux résultats obtenus. Enfin, ces résultats seront discutés et une analyse critique du travail sera proposée.

I. Éclairer la question traitée

Le maintien des surfaces en prairies dans les exploitations agricoles constitue un enjeu actuel fort, étant donné les services économiques, nutritionnels et environnementaux rendus par ces écosystèmes. Pour défendre l'avenir des prairies permanentes dans les systèmes d'élevage, l'effort de la Recherche et du Développement doit se porter sur la mise au point de méthodes précises et pratiques, afin d'évaluer et quantifier ces services. Pour être à même de réfléchir aux services fourragers qu'elles fournissent, il semble indispensable qu'un éleveur puisse en connaître la quantité d'herbe valorisée par ses herbivores. C'est ce dernier point qui a motivé le RMT « Prairies Demain » à élaborer l'outil de calcul HerbValo. Rendre compte de la valorisation zootechnique des prairies, de sa variabilité inter-parcellaire et interannuelle est indispensable pour nourrir la réflexion sur les services fourragers rendus, sur la fonction jouée par chaque parcelle dans le système d'élevage ainsi que sur leur mode d'exploitation. C'est dans ces objectifs que nous allons reprendre les données sur l'utilisation des prairies permanentes des deux systèmes de production de l'installation expérimentale de l'unité de recherche INRA-ASTER Mirecourt, entre 2005 et 2015. Au-delà d'une quantification de la valorisation de la production prairiale, nous chercherons à éclairer les relations entre la diversité des caractéristiques de ces prairies permanentes et la production qui a pu en être valorisée.

1. La structure d'accueil et le contexte de l'étude

a. Présentation de l'INRA et de l'unité ASTER de Mirecourt

L'INRA est l'Institut National de la Recherche Agronomique : c'est un organisme public de recherche scientifique dans les domaines de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. Il a été fondé en 1946 au lendemain de la seconde guerre mondiale, dans un contexte de pénurie alimentaire, avec pour mission de mettre la science et la technologie au service du développement de l'agriculture et de l'amélioration des techniques de production. Aujourd'hui, l'INRA comprend 13 départements de recherche, 250 unités de recherche et 48 unités expérimentales réparties sur le territoire.

L'unité AgroSystèmes TErritoires Ressources (ASTER) est une unité propre de recherche appartenant au département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) de l'INRA.

Développement de la structure de l'unité ASTER et des projets de recherche

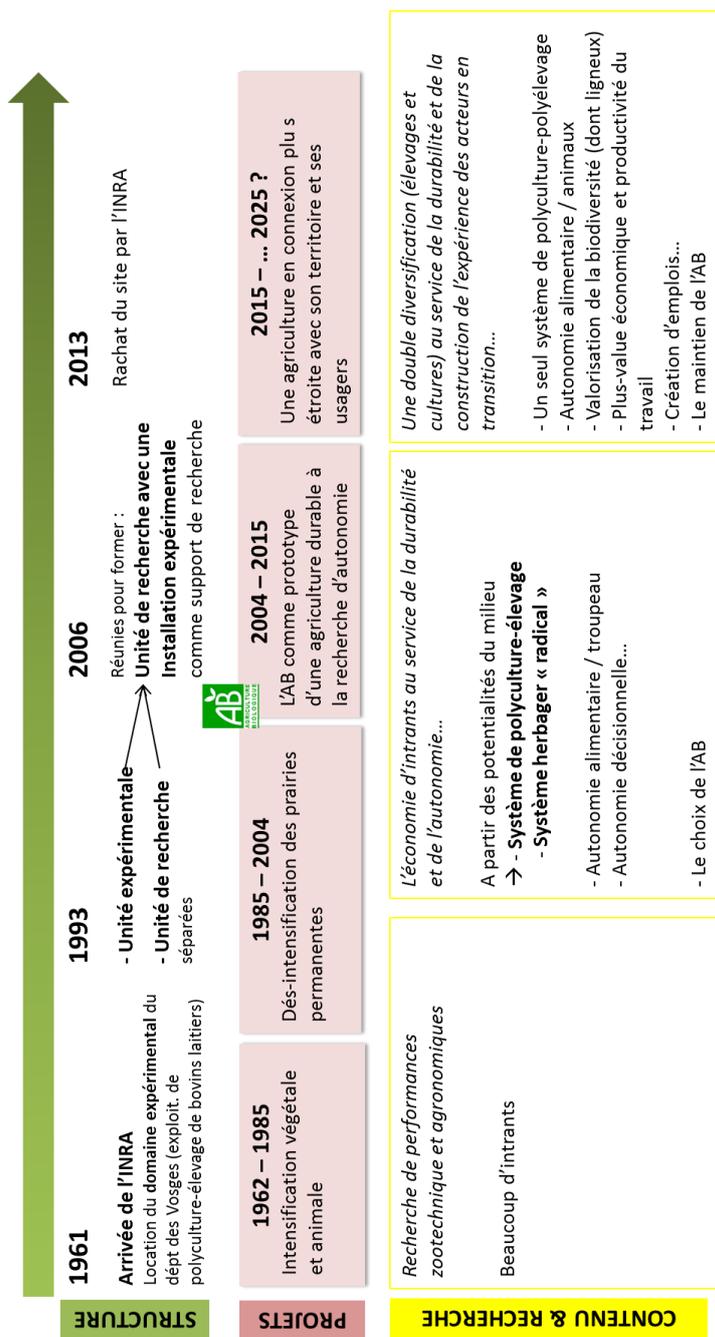


Figure 1 : Historique de développement de l'unité ASTER et des projets de recherche

Dans ce département, les recherches sont centrées sur l'innovation, en agriculture, dans les filières agro-alimentaires, et dans les territoires ruraux, péri-urbains et urbains.

L'unité ASTER comporte une installation expérimentale correspondant à une exploitation de polyculture-élevage de bovins laitiers, conduite sous le cahier des charges de l'Agriculture Biologique. Elle fait partie du centre Nancy-Grand Est, dont le campus principal est situé à Champenoux (Meurthe et Moselle, 54).

Historique...

Créée en 1961 lorsque l'Inra a pris en location le domaine expérimental du département des Vosges (exploitation de polyculture-élevage bovin laitier), elle devient en 1993 une Unité Expérimentale aux côtés de laquelle est créée une Unité de Recherche. Depuis 2006, les deux unités sont à nouveau réunies pour former une Unité de Recherche comportant une Installation Expérimentale (IE) support d'une partie du projet de recherche de l'unité (Figure 1)

Organisation de l'unité

L'unité est structurée en une équipe de recherche et une Installation expérimentale, auxquelles est adossé un petit service administratif composé de 3 gestionnaires d'unité. Elle est constituée de 29 agents titulaires : 1 DR, 1 CR, 5 IR, 4 IE, 2 AI, 12 TR et 4 AT¹, auxquels s'ajoutent actuellement 8 agents contractuels (4 IE et 2 IR sur contrats de recherche, 1 AI gestionnaire d'unité et 1 TR sur ressources propres non contractuelles) ainsi qu'un Chargé de mission retraité. L'organigramme complet est en Annexe 2.

Projet d'unité...

L'objectif de l'unité est de « comprendre les dynamiques de changement des systèmes techniques agricoles dans les territoires pour accompagner les transitions de ces systèmes vers une meilleure prise en compte des ressources territoriales. »²

La chronologie des différents projets d'unité est présentée sur la Figure 1. La progression des projets de recherche est révélatrice d'un objectif global d'accompagnement des exploitations et des territoires ruraux dans une transition vers plus de durabilité.

Le sujet de stage s'inscrit à la suite du projet mené de 2004 à 2015 sur les systèmes d'élevage autonomes.

¹ DR : Directeur de recherche, CR : Chargé de Recherche, IR : Ingénieur de Recherche, IE : Ingénieur d'Etudes, AI : Assistant-Ingénieur, TR : Technicien de la Recherche, AT : Adjoint Technique

² <https://www6.nancy.inra.fr/sad-aster/Projet-de-l-Unité-de-Recherche>

133 ha jugés non cultivables sont en prairies permanentes.
105 ha jugés cultivables sont en rotation de 8 ans ou de 6 ans selon la possibilité ou non d'y cultiver la luzerne.

Les 2 systèmes de production sont respectueux de l'environnement : les émissions de gaz à effet de serre, dans l'atmosphère et les pertes d'azote dans l'eau, sont faibles.

Les 2 systèmes de production fonctionnent selon des logiques d'économie en intrants (prairies, cultures) et d'élevage.

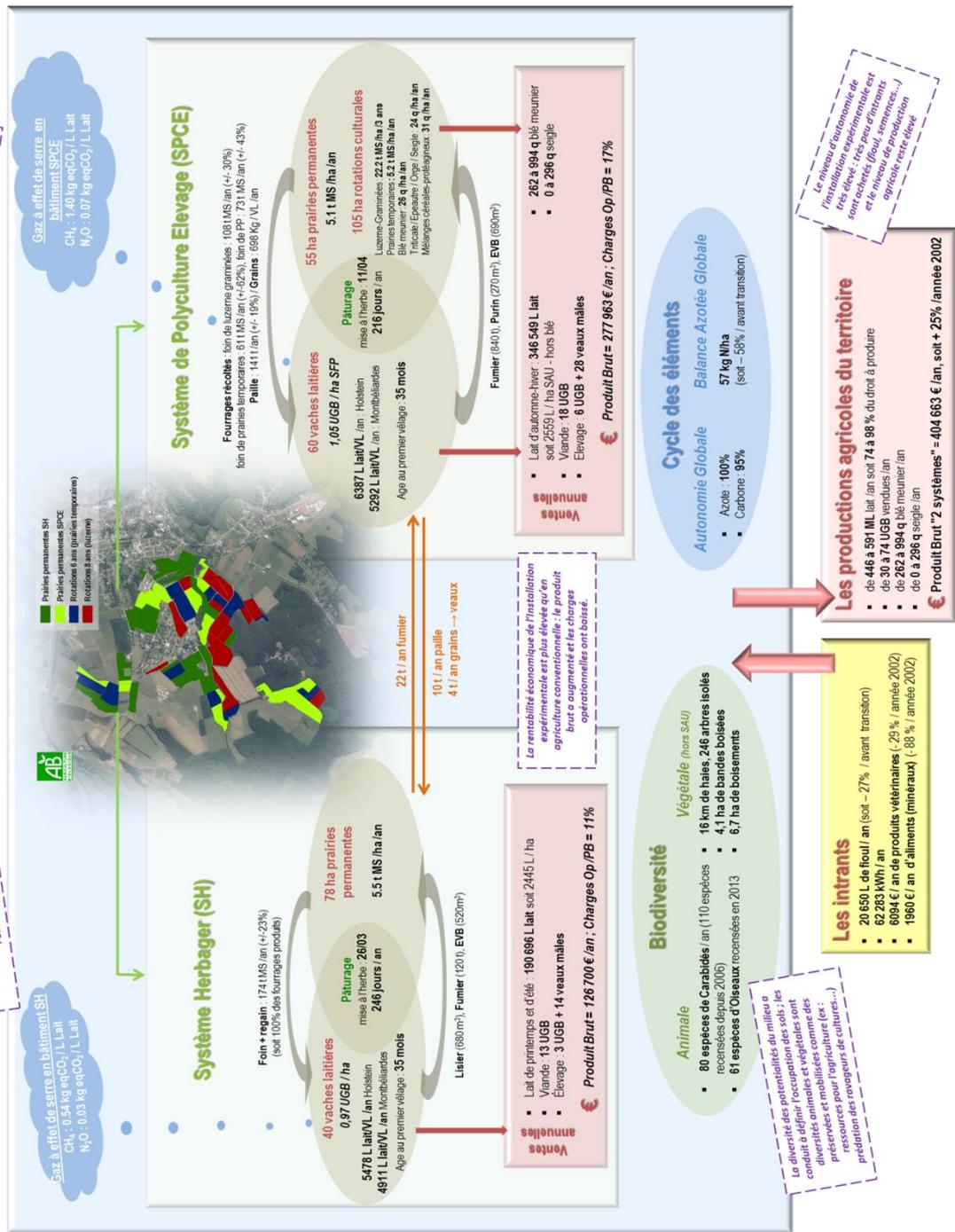


Figure 2 : Schéma de synthèse des systèmes herbager et de polyculture-élevage

b. Contexte de l'étude

A l'origine de la conception de systèmes laitiers autonomes

L'intensification de la production agricole depuis les années 1980 s'est accompagnée d'une spécialisation des exploitations agricoles et d'une utilisation d'intrants, provoquant des problèmes environnementaux et sociaux. L'usage des intrants traduit en fait une volonté de « s'affranchir des contraintes naturelles » présentes, liées aux caractéristiques du milieu. Ainsi, la conception de systèmes autonomes part du postulat que la prise en compte de l'hétérogénéité et des caractéristiques pédoclimatiques du milieu est une condition de leur durabilité environnementale (Coquil *et al.*, 2009).

Les deux systèmes ont été envisagés de manière à répondre à des objectifs environnementaux de pérennisation des ressources et minimisation des intrants, et à des objectifs agricoles de production. Le cahier des charges de l'agriculture biologique est apparu comme un cadre pertinent dans l'élaboration de systèmes agricoles durables.

Cette réflexion a mené à la conception sur l'IE de Mirecourt de deux systèmes bovins laitiers autonomes en agriculture biologique : un système herbager (SH) et un système de polyculture élevage (SPCE). Ils ont été conduits en visant un degré croissant d'autonomie tout en levant les difficultés pratiques rencontrées.

Deux systèmes bovins laitiers autonomes

A partir de la diversité des types de sols, les 240 ha du dispositif ont été reconfigurés dans l'objectif de valoriser au mieux l'hétérogénéité du milieu sans user d'artifices (engrais, pesticides, drainage). Ainsi, 130 ha jugés non cultivables sont restés en prairies permanentes, et 110 ha jugés cultivables ont été affectés à des rotations culturales de 8 ans ou de 6 ans (selon la possibilité d'y cultiver la luzerne). Le parcellaire a été divisé en deux, correspondant à chacun des deux systèmes d'élevage (Figure 3). Ces systèmes sont dits « autonomes », car ils sont également conduits de manière à ce qu'il n'y ait aucun achat d'aliments ou de paille à l'extérieur de l'installation expérimentale. Un schéma de synthèse est en Figure 2.

➤ **Le système herbager (SH) :** une valorisation économe des prairies permanentes

Le système herbager était constitué d'un troupeau de 40 VL et de 78 ha de prairies permanentes. Le troupeau comprenait pour moitié des vaches de race Holstein produisant en moyenne 5478 l lait/VL/an et pour l'autre moitié des vaches de race Montbéliarde produisant en moyenne 4911 l lait/VL/an. L'objectif étant de maximiser la période de pâturage, le

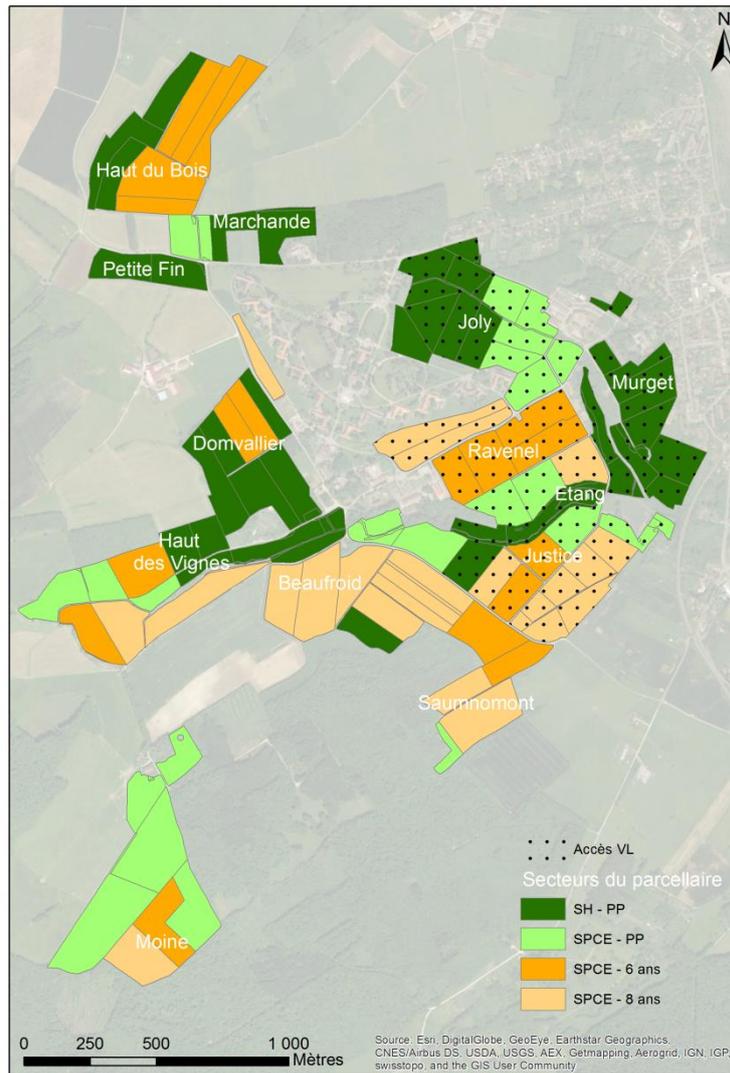


Figure 3 : Carte du parcellaire de l'installation expérimentale de l'unité ASTER

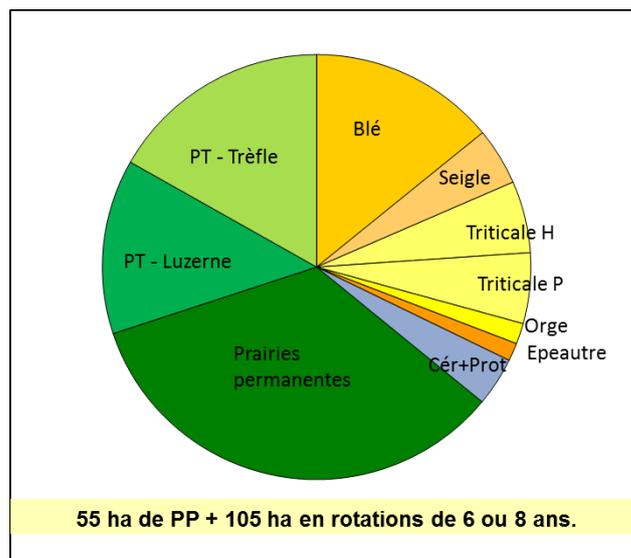


Figure 4 : Répartition de l'assolement du système de polyculture élevage

troupeau a pâturé environ 8 mois dans l'année, selon les conditions pédoclimatiques. Les vêlages étaient groupés sur la période de janvier à avril, permettant de produire du lait de printemps et d'été. Les fourrages consommés provenaient entièrement des prairies permanentes du système. Les vaches n'ont reçu aucun aliment concentré. Il y avait seulement une importation de 4 t/an de céréales en provenance du SPCE pour l'élevage des veaux.

➤ **Le système de polyculture-élevage (SPCE) : tirer parti de la complémentarité cultures-élevage**

Le système de polyculture-élevage était constitué d'un troupeau de 60 VL de races Prim'Holstein et Montbéliarde. La production laitière moyenne a été de 6387 l lait/VL/an pour les vaches Prim'Holstein, et 5292 l lait/VL/an pour les vaches Montbéliarde. Les vêlages étaient groupés à l'automne, et la période de pâturage durait environ 7 mois. L'assolement du SPCE était réparti en 55 ha de prairies permanentes et 105 ha de parcelles en rotations culturales (Figure 4).

Pour les deux systèmes, la conduite des prairies a été réfléchié selon une logique d'économie en intrants et en énergie. Les récoltes issues des prairies sont entièrement sous forme de foin (par séchage au sol). Cela signifie que les récoltes ne sont généralement possibles qu'à partir du mois de juin, quand les conditions météorologiques le permettent. Le régime de fertilisation a été établi avec la même logique. Etant donné le cahier des charges de l'agriculture biologique, seule une fertilisation organique est appliquée, provenant des troupeaux de VL. Les pratiques de fertilisation ont été régies par le principe qui visait à réserver les épandages d'effluents d'élevage aux seules parcelles récoltées au moins une fois (pour compenser l'exportation de foin) et, par voie de conséquence, à ne pas compenser le prélèvement d'herbe pâturée au motif que les déjections animales devaient suffire à entretenir la fertilité chimique du sol.

c. La place du stage

L'objet du stage réalisé est dans la continuité de ces dispositifs, à savoir l'analyse *a posteriori* des données qui ont été collectées durant les 11 années. Les prairies permanentes ont eu un rôle important dans les systèmes dans le sens où elles constituent une grande partie des ressources fourragères du troupeau (et même la totalité pour le SH), en particulier par le choix de leur mode de conduite (fertilisation, récolte par voie sèche). Etant donnée la place accordée aux prairies permanentes dans les systèmes d'élevage français, et la mauvaise connaissance de leur contribution à l'alimentation du troupeau, il est apparu important de

rendre compte de la quantité d'herbe valorisée des prairies permanentes des systèmes. Jean-Louis Fiorelli a déjà effectué un travail de calcul d'herbe valorisée (Fiorelli et al., 2009 ; 2014), mais souhaitait refaire ce travail en utilisant un nouvel outil de calcul plus précis nommé HerbValo, qui sera présenté plus loin. Les données obtenues pourront alors être mises en relation avec les caractéristiques propres des parcelles, leur mode d'exploitation et le climat. Les résultats permettront dans un premier temps de rendre compte de la conduite des deux systèmes d'élevage durant plus d'une décennie, mais aussi de transformer ce dispositif et de préparer la future conduite du nouveau système de production.

L'utilisation approfondie d'un nouvel outil de calcul, donnant lieu à un retour d'expérience critique, est un autre enjeu important de ce stage. L'expérience acquise pourra être valorisée par la transmission de méthodes et la mise en valeur d'éléments d'amélioration de l'outil. De plus, les données récoltées constitueront les premières séries de données les plus conséquentes en termes de nombre de parcelles et d'années saisies.

2. Les éléments bibliographiques existants

a. Etat des connaissances sur la production des prairies permanentes

Etablir un état des lieux de la production des prairies permanentes est assez délicat, du fait de leur très grande variabilité de production. En effet, elle varie en fonction de la composition floristique et des conditions pédoclimatiques. La production, et sa valorisation, sont également souvent très liées à la valeur alimentaire, que l'on ne traitera pas ici.

La production moyenne des prairies permanentes en France est de 6,2 t MS/ha. Le quart des parcelles les moins productives affichent un rendement de 4,2 t MS/ha, contre 8,1 t MS/ha pour le quart le plus productif (Launay *et al.*, 2011). Ces chiffres, issus de l'étude d'un réseau de 190 parcelles échantillonnées représentant la diversité des contextes des prairies en France, sont supérieurs à ceux fournis par Agreste (5,3 t MS/ha), qui ne concernent que les prairies fauchées. La production printanière représente environ 75% de la production annuelle d'herbe, et les repousses d'été et d'automne sont très variables.

L'**aptitude fourragère** des prairies permanentes est une combinaison de la production et de la valeur alimentaire, deux dimensions opposées dans la dynamique de pousse de l'herbe. Concernant la production, les caractéristiques à retenir pour différencier l'aptitude fourragère d'une prairie est son potentiel de production printanier et son potentiel de repousse en été et

en automne, ce dernier étant lié aux conditions climatiques de l'année. Le potentiel de production printanier est fortement lié à la production annuelle de la prairie. Il est important pour la constitution de stocks et l'offre d'herbe pâturable (Launay *et al.* 2011).

Les principaux facteurs de variation de la production d'herbe

La production instantanée de matière sèche d'herbe varie sous la double influence de l'agro-climat et des espèces prairiales exploitées.

- Les conditions pédoclimatiques

Le climat est le premier facteur influençant la pousse de l'herbe : la fourniture en eau et en minéraux ainsi que l'accumulation des températures sont indispensables à la synthèse de matière organique par les espèces fourragères. C'est pourquoi la pousse de l'herbe peut être très variable d'une année sur l'autre, mais également au cours d'une même campagne de pâturage. Dans des régions à climat de type continental comme à Mirecourt, les hivers sont froids et retardent le départ en végétation. L'augmentation des températures au printemps déclenche un accroissement relativement brutal de la pousse de l'herbe. Cela requiert en pratique une gestion rigoureuse du pâturage afin de gérer correctement la quantité et la qualité d'herbe à pâturer (Vignau-Loustau, Huyghe, 2008). Les **conditions pédo-climatiques** déterminent fortement la composition et la production des prairies permanentes. Dans les sols très argileux comme à Mirecourt, l'excès d'eau expose les prairies à un réchauffement printanier du sol souvent tardif ainsi qu'à la compaction par le pâturage ou les passages d'engins. Ainsi, la production printanière apparaît-elle souvent brutale, avec un pic d'expression au mois de mai lors de l'épiaison des graminées. En revanche, un déficit hydrique qui s'installe dans la durée se traduit alors par une rétraction des argiles et un déficit de production prononcé, ceci en toutes saisons. Mais la première qualité de ces sols réside malgré tout dans une réserve utile proportionnelle à la profondeur du sol, qui permet en principe de tamponner les aléas climatiques et de limiter les variations saisonnières de production (Fiorelli J-L., comm.pers.).

- Les espèces prairiales exploitées

La **composition floristique fonctionnelle** est une composante importante de son potentiel de production. Dans le réseau des 190 parcelles de prairies étudiées (Launay *et al.* 2011), la famille botanique des graminées est majoritaire avec une variabilité au cours de la saison. La variabilité entre parcelles des proportions en familles botaniques est aussi très importante.

Les prairies dites les plus riches ont la proportion de graminées la plus élevée. Les types fonctionnels (Cruz et al., 2010) dominants dans les prairies les plus productives sont les graminées de types A, B et b. Les graminées de type A sont les plus précoces et assurent une production de début de printemps tandis que les graminées de type b ont une phénologie tardive. L'association des deux assure une production relativement continue de la prairie grâce au décalage dans le temps des stades de développement des plantes.

La notion de **typologie des prairies** est aussi très importante lorsque l'on cherche à rendre compte de leur diversité de production. Les écologues ont depuis le début du 20^{ème} siècle développé des typologies phytosociologiques de végétation visant à regrouper des espèces végétales vivant dans un même milieu. A partir des années 1950, les agronomes se sont aussi intéressés au classement des prairies, dans l'objectif de comprendre leurs performances fourragères et l'effet du mode de gestion et du milieu sur les communautés prairiales. A cela se sont ajoutés les aspects environnementaux et la notion de « services » rendus par les prairies, ce qui a abouti au développement de typologies « agro-environnementales » depuis les années 1990. La typologie du projet « *Prairies permanentes : des références pour valoriser leur diversité* » (Launay et al. 2011) en est un exemple. Elle décrit les prairies à travers leur milieu, les pratiques et la composition de la végétation, donne des indicateurs de services fourragers et de services environnementaux (Michaud et al., 2012). On retrouve dans cette typologie nationale des types de prairies présentes dans les Vosges, mais il est délicat de les renvoyer aux prairies du territoire de l'installation expérimentale étant données les particularités régionales du climat et au mode d'exploitation qui influencent la flore.

Les typologies basées sur la nature de la végétation permettent de déterminer le potentiel de production et la valeur alimentaire d'une prairie, donc son potentiel fourrager. Les valeurs réelles dépendent du climat, mais également des pratiques effectivement mises en œuvre sur la parcelle.

b. Les facteurs influençant le rendement valorisé des prairies

La production réelle des prairies permanentes est donc délicate à connaître de manière précise, car elle est très variable et dépendante de nombreux facteurs de l'environnement ainsi que des pratiques. Pour un éleveur, l'intérêt des prairies permanentes réside notamment dans sa valorisation sous forme de pâture et/ou de fauche. C'est le lien entre production et valorisation qu'il est important d'étudier. « A quoi sert en effet de produire beaucoup d'herbe au printemps, si l'on est incapable de l'exploiter et qu'une grande quantité se perd sous forme

de refus ? » (Cristofini B., Jeannin B., 1979). « L'indicateur clé à privilégier en système pâturé est bien l'herbe valorisée et non l'herbe produite. » (Delagarde, 2009)

Le rendement valorisé des prairies est donc une expression de la réelle utilisation « extraite » des prairies, sous forme de fauche, de pâture ou par l'alternance de ces deux modes d'exploitation. Ce rendement résulte d'une combinaison du potentiel de production, des conditions (environnementales, climatiques) et des pratiques de l'éleveur. Ces pratiques sont elles-mêmes conditionnées par les fonctions attribuées aux prairies sur l'exploitation. Le mode d'exploitation se décline alors en différentes pratiques : la gestion du pâturage (dont la gestion des refus), les fauches, ainsi que le régime de fertilisation.

La gestion du pâturage

Plusieurs caractéristiques de la gestion du pâturage ont une influence sur la gamme de variation de l'ingestion au pâturage. La quantité d'herbe ingérée est fonction des caractéristiques zootechniques du troupeau, des caractéristiques de l'herbe (qualité, stade), et surtout des pratiques de l'éleveur. Le travail de R. Delagarde (2009) à ce sujet montre que la valorisation de l'herbe au pâturage est davantage liée aux pratiques de l'éleveur qu'aux conditions pédoclimatiques. La surface offerte ainsi que le temps de séjour sont les critères de gestion qui définissent la quantité d'herbe offerte par vache. La hauteur d'herbe en entrée de parcelle varie en fonction de la saison, de la croissance de l'herbe et de la durée de repousse de la parcelle. La hauteur en sortie de parcelle est celle qui définit le rendement valorisé de MS d'herbe. Pour maximiser la valorisation de l'herbe, il faut que les vaches prélèvent le plus de strates d'herbe (en augmentant le temps de séjour), tout en veillant à ne pas trop pénaliser les performances animales : c'est la gestion de la sévérité de pâturage. Diminuer la hauteur d'herbe en sortie de parcelle fait diminuer l'ingestion d'herbe par VL (et également la production laitière), mais permet de valoriser plus d'herbe par ha. Une sous-alimentation du troupeau de l'ordre de 10% permet en moyenne d'augmenter la valorisation de l'herbe de 20% à l'échelle de la parcelle (Delagarde, 2009). Pour cela, il est important d'adapter le chargement pour viser une hauteur d'herbe de sortie comprise entre 5 et 6 cm (Delaby *et al.*, 2003).

La date de la mise à l'herbe a aussi un impact sur le rendement d'herbe valorisée. O'Donovan *et al.* (2004) ont montré qu'un pâturage précoce au printemps permet une meilleure valorisation de l'herbe offerte à 5 cm et améliore la qualité de l'herbe offerte lors des cycles suivants. Le déprimage, qui consiste à sortir les animaux tôt dans l'année et réaliser un

ESTIMATION DE LA CONSOMMATION TOTALE

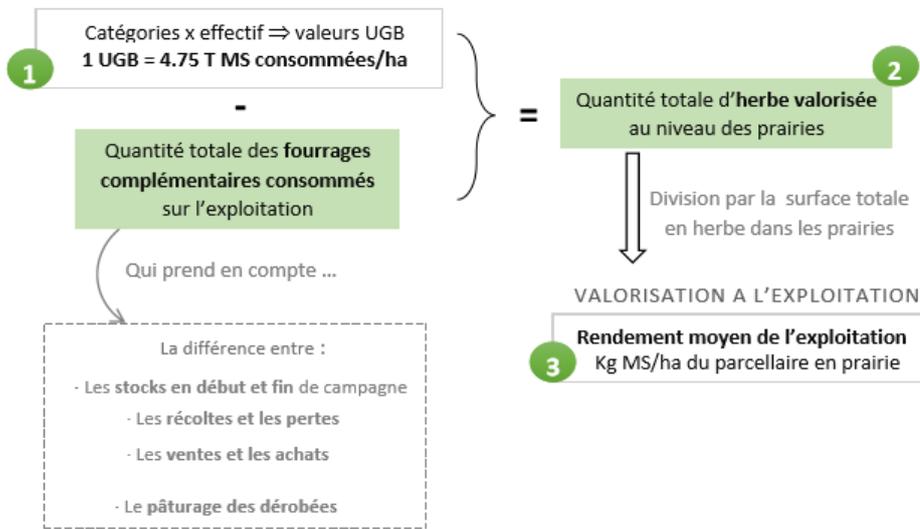


Figure 5 : Schéma du calcul de rendement d'herbe valorisé par la méthode PraiCos. Source : Y. Robic, 2015

premier passage sur les parcelles, facilite la maîtrise de l'épiaison au passage suivant (Cristofini, Jeannin, 1979).

Le régime de fertilisation

Le rôle de la fertilisation azotée est de stimuler la pousse de l'herbe en vue de la valoriser. Elle doit alors se raisonner « dans le système » afin d'obtenir de la matière sèche au moment où on en a besoin. En Lorraine, cette fertilisation est intéressante notamment au tout début du printemps pour avancer la date de mise à l'herbe (Cristofini, Jeannin, 1979), voire en fin de printemps pour maintenir une croissance soutenue le longtemps possible vers l'été.

c. Le calcul du rendement d'herbe valorisé

Cette partie de la bibliographie vise à présenter et comparer des outils existants qui permettent de calculer un rendement d'herbe valorisée des prairies, pour mettre en valeur la plus-value et l'originalité apportée par HerbValo. Les autres méthodes présentées sont la méthode globale PraiCos du rendement moyen d'herbe valorisée, le modèle INRA 4.03 adapté au pâturage, les Tables INRA 2007 ainsi que HerbValo.

La méthode PraiCos est une approche globale permettant de calculer un rendement d'herbe valorisée à l'échelle de l'exploitation. Cette méthode, décrite dans le Guide PraiCos n°4 (2014), a été mise au point dans le cadre du projet CasDar PraiCos dans le but d'améliorer le conseil et l'accompagnement des éleveurs voulant mieux utiliser les prairies. Elle vise à « mettre à jour les marges de progrès concernant la production d'herbe des prairies de l'exploitation », c'est-à-dire combler l'écart entre le potentiel de production des prairies et la valorisation qui en est faite par le pâturage ou les récoltes de fourrages consommés. Le calcul, schématisé en Figure 5, repose sur une estimation de la quantité de fourrages consommés à partir du nombre d'UGB présents sur l'exploitation. Sont déduits ensuite les fourrages complémentaires consommés (non issus des prairies), les achats d'herbe et la variation de stock d'herbe. Ceci aboutit à une quantité d'herbe produite sur les prairies de l'exploitation, que l'on rapport à la surface en herbe de l'exploitation pour obtenir un rendement moyen estimé de la prairie en tonnes de MS/ha. De nombreuses erreurs sont liées aux estimations des quantités de fourrages complémentaires ingérés. D'autre part, ce calcul ne met pas en valeur la variabilité de valorisation qui existe entre les parcelles, dû à une non-homogénéité du parcellaire et aux différents modes de conduite des parcelles. Néanmoins, bien que peu précis et très global, ce calcul est assez rapide à effectuer (30 min à 2h). Finalement, il permet à un

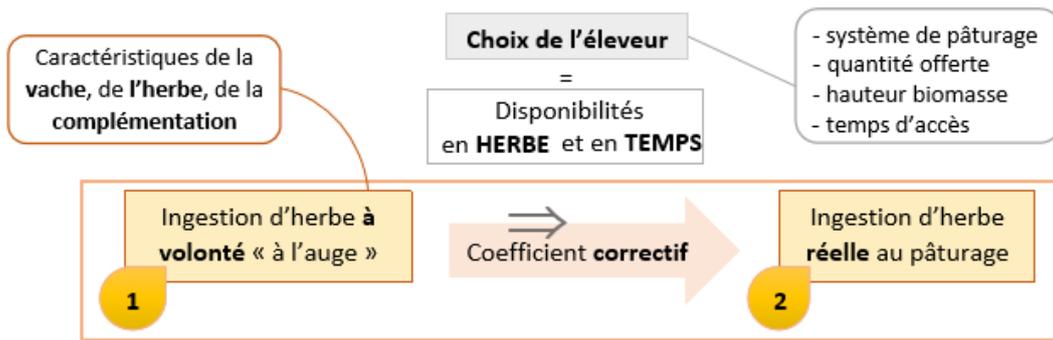


Figure 6 : Schéma du calcul de l'ingestion d'herbe au pâturage par le modèle GrazIn. Source : Y. Robic, 2015

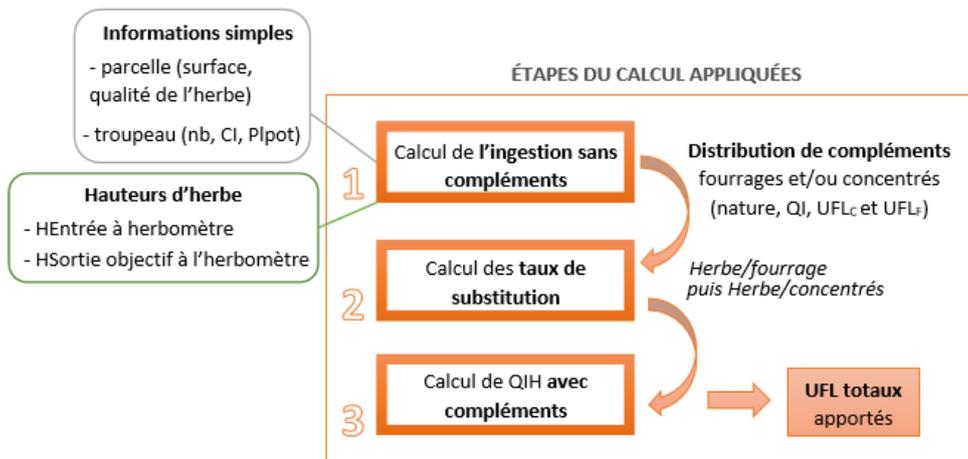


Figure 7 : Schéma du calcul d'herbe ingérée des Tables INRA (2007). Source : Y. Robic, 2015

conseiller de lancer une réflexion et une discussion avec l'éleveur sur la gestion fourragère qu'il mène et sur la place de ses prairies dans l'alimentation de son troupeau.

Par ailleurs, deux outils INRA existent pour prévoir l'ingestion des vaches au pâturage : INRAtion 4.03 adapté au pâturage, et les *Tables de l'alimentation des bovins, ovins et caprins* (INRA, 2007).

Le modèle GrazeIn du logiciel INRAtion sert à prédire l'ingestion d'herbe et la production des vaches laitières au pâturage, servant de base au logiciel d'aide à la gestion du pâturage Grazemore. Le calcul de l'ingestion d'herbe au pâturage est effectué en deux temps. Il repose d'abord sur le calcul de l'ingestion *ad libitum* des vaches basé sur le système des UE de l'INRA (1988), à laquelle des facteurs limitant cette ingestion et liés au pâturage viennent s'ajouter : la disponibilité en herbe et la disponibilité en temps (R. Delagarde, 2009) (Figure 6). Ce modèle, très robuste, permet d'obtenir un résultat précis par vache de sa consommation en herbe.

Dans les tables INRA 2007, un chapitre est destiné à l'alimentation des vaches laitières au pâturage. Une approche empirique a été développée à partir du modèle complet GrazeIn, dans l'objectif d'obtenir une méthode robuste et plus « accessible » pour les utilisateurs (YR, 2015) : le calcul peut se faire rapidement avec un tableur.

Les trois étapes du calcul sont (Figure 7) : Le calcul d'herbe ingérée sans compléments (1), puis avec l'application des taux de substitution herbe/fourrages et herbe/compléments (2), pour obtenir une quantité d'herbe ingérée avec compléments ainsi que les apports énergétiques totaux (3). La quantité d'herbe ingérée sans compléments (étape 1) repose sur le calcul de la quantité d'herbe offerte (égale à la surface offerte multipliée par la biomasse d'herbe). A la différence du modèle INRAtion, la biomasse est calculée à partir des mesures de hauteurs d'herbe à l'herbomètre.

Ces méthodes ont un désavantage en commun, qui est la difficulté à renseigner des informations précises en exploitation et donc obtenir des résultats fiables. La nature même des informations nécessaires ne sont pas adaptées à la réalité du terrain et à la manière dont les éleveurs conduisent leurs systèmes fourragers. Il est donc apparu nécessaire de mettre au point un outil plus facilement utilisable par les techniciens et les éleveurs, c'est-à-dire simple, robuste et peu chronophage, pour estimer le rendement d'herbe valorisée de leurs prairies permanentes ou temporaires ; c'est ce à quoi s'est attelé l'axe 2 du RMT Prairies Demain, et qui a abouti à l'élaboration d'HerbValo (Delagarde *et al.*, 2017). L'outil a été mis au point

pour les troupeaux de vaches laitières, allaitantes et chèvres laitières, et sera adaptée aux équins et aux ovins. On s'intéresse ici seulement à « HerbValo vaches laitières ».

HerbValo n'est pas un outil de gestion du pâturage, comme ceux décrits par Seuret et al. (2014), dans le sens où il ne simule pas de situation de pâturage. C'est une méthode d'enregistrement des événements d'exploitation des parcelles (pâturage, fauche) et de calcul *a posteriori* de l'herbe valorisée sur une liste de parcelles (Delagarde *et al.*, 2017), « qui se veut à la fois simple [...], directement utilisable en fermes commerciales, et robuste par la précision des calculs. » Le principe de base de l'outil est de travailler à l'échelle de la parcelle et de l'année complète. L'objectif est d'identifier la variabilité de valorisation des parcelles afin de mettre en œuvre des pratiques pour accroître l'efficacité d'utilisation de celles-ci en tant que ressource fourragère. Les contraintes des autres méthodes ont été prises en compte afin de créer un outil pour lequel les informations à saisir sont facilement accessibles en fermes et il n'y a pas besoin d'effectuer de mesures directes sur les prairies : c'est ce qui fait l'originalité d'HerbValo. De plus, l'outil calcule directement la somme d'herbe valorisée à l'année et/ou pour chaque parcelle enregistrée.

Le calcul est basé sur le produit entre le nombre de journées de pâturage par hectare et l'ingestion quotidienne d'herbe de l'animal moyenne du troupeau. L'enregistrement d'un calendrier de pâturage (avec les effectifs et les dates) suffit à calculer les journées de pâturage. L'ingestion d'herbe nécessite un calcul, qui repose sur un modèle simplifié des unités d'encombrement (INRA, 2007), adapté au pâturage. Il tient compte de la sévérité de pâturage, du temps de présence journalier des animaux sur la parcelle, et de la qualité d'herbe pâturée. Il ressemble en fait au modèle GrazeIn d'INRA, mais la disponibilité en herbe est obtenue différemment. L'ingestion d'herbe (HI) est finalement calculée par la formule suivante :

$$HI = [(CI/UE) \times \text{corSEV}] - S(QCi \times \text{TSi}) \times \text{corTA} \times \text{corJN}^3$$

Les premiers résultats d'HerbValo Vaches laitières comparés au modèle GrazeIn ont montré une relation forte entre les deux méthodes.

³ où CI est la capacité d'ingestion (UE/j), UE la valeur d'encombrement de l'herbe pâturée (UE/kg MS), corSEV le coefficient de correction de la CI lié à la sévérité du pâturage, QCi la quantité ingérée du complément Ci (kg MS/j), TSi le taux de substitution entre l'herbe pâturée et le complément Ci, corTA le coefficient de correction de l'ingestion liée au temps d'accès journalier au pâturage, et corJN la proportion de l'ingestion journalière à affecter à la parcelle de jour ou de nuit lorsqu'elles sont différentes.

3. Problématique

D'après la synthèse bibliographique précédente, nous pouvons dire que les caractéristiques pédoclimatiques, la composition floristique ainsi que le mode d'exploitation d'une parcelle sont les facteurs qui influencent le plus sa production valorisée.

Les connaissances existantes sur les prairies permanentes sont aujourd'hui conséquentes. Cependant la spécificité de ces écosystèmes les rend difficilement généralisables. Ce sont des milieux très diversifiés, selon les conditions pédoclimatiques locales, et les prairies permanentes de l'installation expérimentale ne relevant pas d'une typologie détaillée, nous ne pouvons pas nous baser entièrement sur ces éléments bibliographiques pour répondre à notre question. La question précisément posée est la suivante : à partir d'une combinaison des caractéristiques de chaque parcelle, du climat et de son mode d'exploitation, que peut-on finalement attendre de sa production valorisée ? HerbValo semble l'outil le plus adapté afin de calculer avec précision le rendement d'herbe valorisée des prairies.

Nous devons écarter la composition floristique de notre analyse étant donné que des relevés floristiques n'ont pas été réalisés sur l'ensemble des parcelles de prairies permanentes de l'installation expérimentale. Nous prendrons donc en compte :

- les conditions climatiques : température et précipitations
- le mode d'exploitation des parcelles : pratiques de fertilisation, utilisation en pâturage, fauche
- leurs caractéristiques propres : la texture de l'horizon supérieur, la profondeur de sol, la tendance à l'hydromorphie du sol, la localisation dans le parcellaire.

Nous pouvons alors émettre les hypothèses que les caractéristiques intrinsèques aux parcelles de prairies expliqueront la variabilité inter-parcellaire tandis que les conditions climatiques expliqueront davantage la variabilité interannuelle de la production valorisée.

Les pratiques sur les prairies étant le résultat des décisions prises par l'éleveur (ou le chef d'exploitation dans notre cas) qui dépendent elles-mêmes des conditions climatiques, on peut espérer mettre en évidence leur effet sur la variabilité interannuelle de la production valorisée.

Les parcelles fertilisées pourraient être avantagées car les épandages compensent au moins en partie l'exportation de foin. Mais on peut également émettre l'hypothèse que de faibles apports organiques (même répétés) sur une parcelle fauchée conduisent à un épuisement

Objet d'étude

22 prairies permanentes pâturées par des vaches laitières de 2005 à 2015

Objectif

Rendre compte de la production valorisée des prairies au regard des spécificités spatiales et temporelles de leur utilisation

Question de recherche

A partir d'une **combinaison des caractéristiques de chaque parcelle**, de son **mode d'exploitation** et des **conditions climatiques, que peut-on finalement attendre de sa production valorisée ?**

H1 : les conditions climatiques et le mode d'exploitation des parcelles influenceront davantage la variabilité interannuelle de production valorisée

H2 : Les caractéristiques intrinsèques aux parcelles expliqueront la variabilité inter-parcellaire de production valorisée

H3 : Les parcelles fauchées montreront un rendement valorisé supérieur aux prairies uniquement pâturées

Etape 1

Pour chaque parcelle, chaque année, calcul :

- **Du rendement d'herbe valorisée** en t MS/ha
- **De la part du pâturage dans ce rendement**

Constitution de références par l'acquisition d'une série conséquent de données issues de l'utilisation d'HerbValo
Avoir un retour d'expérience pour continuer à améliorer l'outil

Etape 2

Rendre compte de ces résultats au regard des variables relevant :

- Des caractéristiques propres aux parcelles (texture, profondeur du sol, tendance hydromorphe, place dans le parcellaire)
- De leur **mode d'utilisation** : pâturage, récolte de foin
- Des **conditions climatiques** : températures et précipitations

Méthodologie

Outil **HerbValo**

Proposition de méthodes de saisie (générale, par variable à renseigner

Sources de données : Base de données, calendriers de pâturage, suivi pousse de l'herbe, cahiers de pâturage, ...

Définition des variables et leurs modalités

Logiciel R : AFCM, classification HCPC

progressif de sa production valorisée. Le passage en bio et la non-fertilisation des parcelles uniquement pâturées conduirait également à une baisse tendancielle et progressive de leur production valorisée selon les connaissances disponibles aujourd'hui (Delaby et al., 2014).

Les parcelles fauchées montreront vraisemblablement un rendement valorisé supérieur aux prairies uniquement pâturées, car le prélèvement d'herbe par le pâturage entraîne des pertes plus importantes qu'une récolte mécanisée. La fauche des prairies habituellement pâturées et qui n'ont pas d'autres apports organiques que les déjections au pâturage peut aussi conduire à une diminution tendancielle de leur production valorisée.

Le schéma général ci-contre récapitule la problématique générale, les principales méthodes mise en œuvre et les résultats attendus.

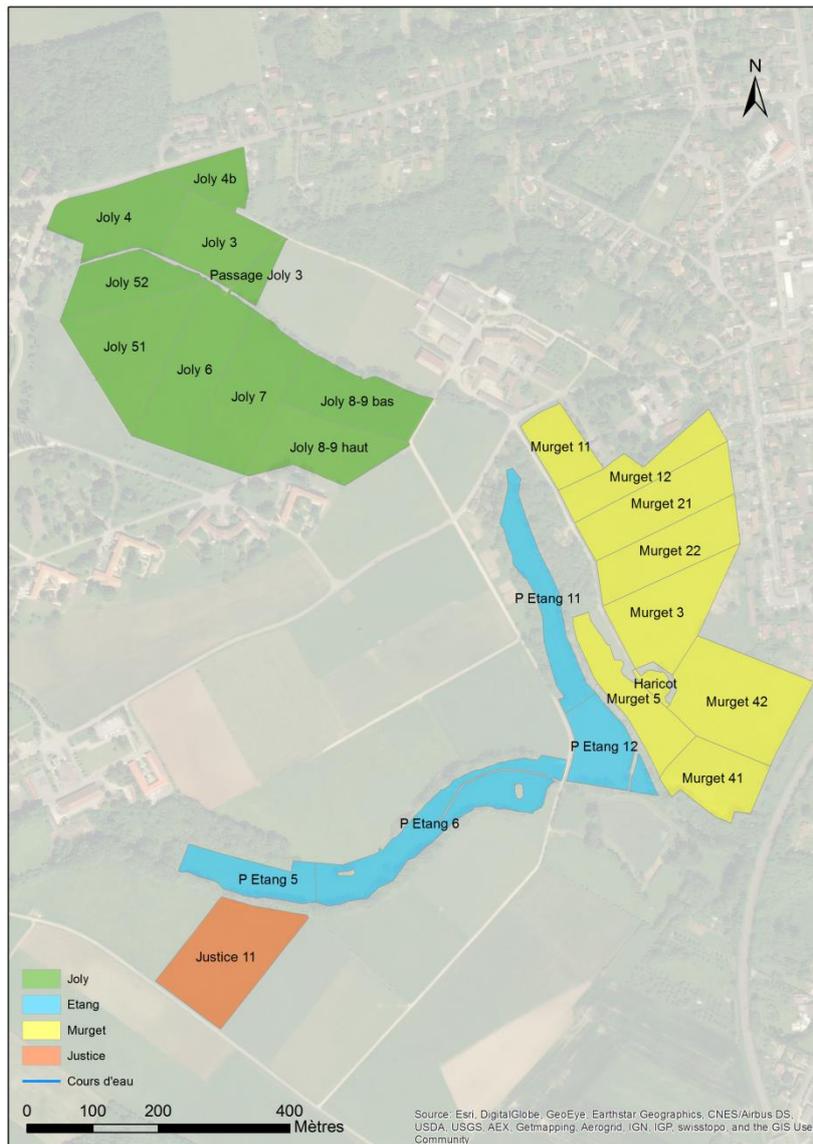


Figure 8 : Carte du parcellaire accessible aux vaches laitières du système herbager

II. Méthodologie élaborée pour répondre à la question posée

Après avoir défini les objectifs de travail et les questions auxquelles nous souhaitons finalement répondre, le travail s'est déroulé en plusieurs étapes : tout d'abord le calcul du rendement d'herbe valorisée avec l'outil HerbValo, puis le choix des variables à traiter pour l'analyse statistique.

1. Matériel

Dans un premier temps, nous nous sommes proposé de ne travailler que sur le système herbager car c'est le plus simple dans sa conduite : l'alimentation des vaches ne repose que sur des parcelles de prairies permanentes.

Le parcellaire du SH comprenait 78 ha de prairies permanentes, dont 37 ha accessibles aux VL répartis en 22 parcelles (Figure 8). C'est ce parcellaire pâturé par le troupeau de VL qui sera étudié. En 2010, deux parcelles (Joly89bas et Joly89haut) ont été transférées dans le SPCE (qui manquait de surface pâturable par les VL), et le parcellaire accessible aux VL du SH s'est alors réduit à 33,5 ha.

a. Prise de connaissances de l'outil HerbValo et des données à disposition pour calculer le rendement d'herbe valorisée

La première partie du travail a consisté à prendre connaissance de l'outil HerbValo et de définir les données nécessaires au calcul du rendement d'herbe valorisée, afin de mettre au point une méthode efficace pour saisir les données des 11 campagnes de pâturage.

Présentation de l'outil HerbValo

Dans l'état actuel des choses, HerbValo est constitué d'un support papier et d'un support informatique. Le support papier est destiné à l'éleveur, lui permettant de renseigner tout au long de l'année les informations nécessaires à la saisie sur le support informatique. HerbValo ayant été mis au point en 2015, le protocole de l'expérimentation-système à Mirecourt n'a pas été établi pour effectuer ce type d'analyse *a priori*. Dans notre cas, seul le support informatique a donc été utilisé, et les informations nécessaires à la saisie ont été collectées à partir des différentes sources de données existantes.

Une documentation a d'abord permis la prise en main de l'outil, avec notamment l'article de Delagarde et al. (2017) présenté aux journées de l'AFPF, ainsi que le « Guide d'utilisation HerbValo vaches laitières » (Annexe 3). Des échanges avec Rémy Delagarde et Yvane Robic,

Tableau 1 : Source utilisées pour la saisie des onglets "Identité" et "Saisie et résultats" sur HerbValo

Informations à saisir dans HerbValo		Source utilisée
Onglet « IDENTITE »		
Race		Extraction base de données ALADIN
Format		Extraction Base de données ALADIN
Production laitière potentielle		Extraction Base de données ALADIN
Type de prairie		Dire d'expert
Profondeur du sol		Carte des sols
Hydromorphie du sol		Dire d'expert
Nature et dose fertilisation N organique		Base de données ASTER-IX*
Onglet « SAISIE ET RESULTATS »		
Nom parcelle		Calendrier de pâturage
N° passage/cycle		
Intervention		
Nature troupeau		
Effectif		
Date d'entrée		
Date de fauche		
Qualité de l'herbe à l'entrée		
Sorties	Rendement	Base de données ASTER-IX
	Date de sortie	Calendrier de pâturage
Temps de séjour (j)		Calendrier de pâturage
Temps d'accès TA (h/j)		Agendas « Troupeau » ou renseigné par convention
Sévérité		Sources multiples
Complémentation		Base de données ASTER-ix

* : Trommenschlager J-M *et al.*, 2010

à l'origine de la mise au point de l'outil, ont permis d'affiner sa compréhension et son utilisation.

Le fichier Excel comprend 5 onglets, dont deux qui sont informatifs : « Mode d'emploi » et « Listes ».

L'onglet « Identité » comprend les éléments qui relèvent de l'identité de l'exploitation, du troupeau et des parcelles (Annexe 10). Les modalités que peuvent prendre chaque caractère descriptif sont détaillées dans le Guide d'utilisation (Annexe 3).

L'onglet « Saisie et résultats » (Annexe 11) comprend une première partie de saisie des informations relatives aux événements d'utilisation des prairies (pâturage, fauches) et une deuxième partie qui calcule automatiquement différentes valeurs, dont l'herbe valorisée en kg MS/ha/cycle.

L'onglet « Tableau croisé dynamique » permet d'extraire les résultats sous formes de tableaux. Il calcule pour chaque parcelle, une année donnée, sa production valorisée par ha, ainsi que les journées de pâturage par ha qui traduisent en fait la présence des animaux inconsidérément de leur éventuelle complémentation alimentaire.

Les données à saisir

Les données sont à saisir dans les onglets « Identité » et « Saisie et résultats ». Le tableau 1 fournit, pour chacune des informations à saisir, la source utilisée. Certaines informations sont disponibles directement, d'autres ont nécessité une réflexion et un travail préalable : c'est ce qui est détaillé ci-après.

Description du troupeau de VL

Pour chaque campagne de pâturage, le **gabarit** moyen du troupeau de vaches laitières doit être renseigné, selon les modalités « petit », « moyen » ou « grand ». Chacune des deux races Prim-Holstein et Montbéliarde peut être renseignée séparément. Une grille présentée dans le Guide d'utilisation (Annexe 3, p.3) indique pour chaque race des poids vifs moyens standard pour chaque modalité de gabarit.

Afin de déterminer le gabarit des vaches Prim'Holstein et Montbéliarde du troupeau SH, les poids des vaches laitières ont été extraits de la base de données puis moyennés. Les poids retenus pour le calcul sont ceux des vaches en lactation, ayant vêlé dans l'année de la campagne de pâturage. Ceci exclut donc, par choix : les vaches tarées qui ne font plus partie

Tableau 2 : Présentation des sources d'information utilisées pour renseigner la sévérité de pâturage et la qualité de l'herbe

Sources d'information	Quoi ?	Informations	Précautions à prendre ?
« Cahier de pâturage »	descriptif plus ou moins détaillé de la situation de pâturage fréquence : hebdomadaire	<ul style="list-style-type: none"> - Météo - Troupeau (effectif, production)) - Alimentation (si complémentation) - Pâturage : parcelles pâturées et les suivantes programmées, état de l'herbe, impressions : +/- bien pâturé 	Considérées comme informations sûres : écrites par les techniciens qui s'occupent des prairies, 7j maximum après événement
Hauteurs d'herbe	Mesure à l'herbomètre des hauteurs d'herbe de toutes les parcelles Fréquence : hebdomadaire	Hauteur moyenne d'herbe	Biais liés à la mesure (herbomètre, utilisateur), à l'état des graminées : gaine plus ou moins dure qui retient le plateau de l'herbomètre différemment selon la période de l'année
Suivi de la pousse de l'herbe	réalisée chaque semaine à partir des hauteurs d'herbe mesurées sur les parcelles non pâturées pendant cette période.	Indicateur de la tendance de la pousse de l'herbe tout au long de la campagne de pâturage	Basé sur les mesures de hauteurs d'herbe. Lors de la montée des renoncules par exemple, la pousse de l'herbe peut être surestimée.
Données climatologiques	Température et précipitations Fréquence : données par décades	Conditions de pousse de l'herbe	
Photos des parcelles	Tour de parcellaire et prise de photos hebdomadaires	Vue globale de l'état de l'herbe (plus ou moins verte)	Vue en hauteur, générale. Ne renseigne pas précisément la qualité de l'herbe

du troupeau pâturant, et les vaches en lactation prolongée⁴ qui ont un profil particulier. Ces dernières font bien partie de l'effectif du troupeau de VL, mais on leur attribuera par convention le gabarit moyen des autres vaches de la même race, qui sont en lactation dite « normale ».

La **production laitière potentielle** peut être définie comme la capacité de synthèse de lait qu'aurait la mamelle à un moment donné si elle n'était pas limitée par la disponibilité en nutriments ou par un trouble sanitaire (mammites) (Faverdin et al., 2007). Pour chaque année et chaque race (Montbéliarde et Prim'Holstein), la production laitière potentielle a été déterminée à partir de la production initiale (moyenne de la production des 4^e, 5^e et 6^e jour après vêlage) des vaches primipares et multipares ayant vêlé dans l'année.

Description des parcelles de prairies permanentes

Les prairies du SH sont toutes des prairies permanentes. Parmi les modalités proposées pour le **type de prairie**, il s'agit donc de déterminer si les prairies sont de bonne qualité, ou de qualité moyenne. Pour cela, je me suis appuyée sur le diagnostic et l'expérience des deux techniciens de recherche qui s'occupent des prairies sur l'installation expérimentale, ainsi que sur l'avis de Jean-Louis Fiorelli, suite à une visite des parcelles. La « qualité » des prairies a donc été évaluée à dire d'experts, en fonction de la flore présente et de sa productivité réputée.

De la même manière, les techniciens de recherche ont été sollicités pour évaluer la **tendance à l'hydromorphie** des parcelles (dénommée « Hygrométrie » dans HerbValo), définie comme leur sensibilité au défaut de portance.

Evénements d'utilisation des parcelles

La présentation des colonnes à saisir et des modalités proposées sont détaillées dans le « Guide d'utilisation HerbValo vaches laitières » (Annexe 3).

Les informations présentes sur les calendriers de pâturage (un exemple est donné en annexe 4) ont permis de renseigner les critères « Nom parcelle », « Intervention », « Nuit en bâtiment ? », « Nature troupeau », « Effectif », « Date entrée », « Date de sortie » et « Temps de séjour ». Pour le « Temps d'accès », les agendas de pâturage ont été mobilisés lorsque l'information y figurait. A défaut, le temps d'accès a été déterminé de la manière suivante :

⁴ Les vaches en lactation prolongée sont des vaches qui sont en deuxième année de lactation : elles ont vêlé l'année précédente, et n'ont pas fécondé pendant la période de reproduction. Il a été décidé de les conserver en lactation jusqu'à tarissement, et de les réinséminer l'année suivante.

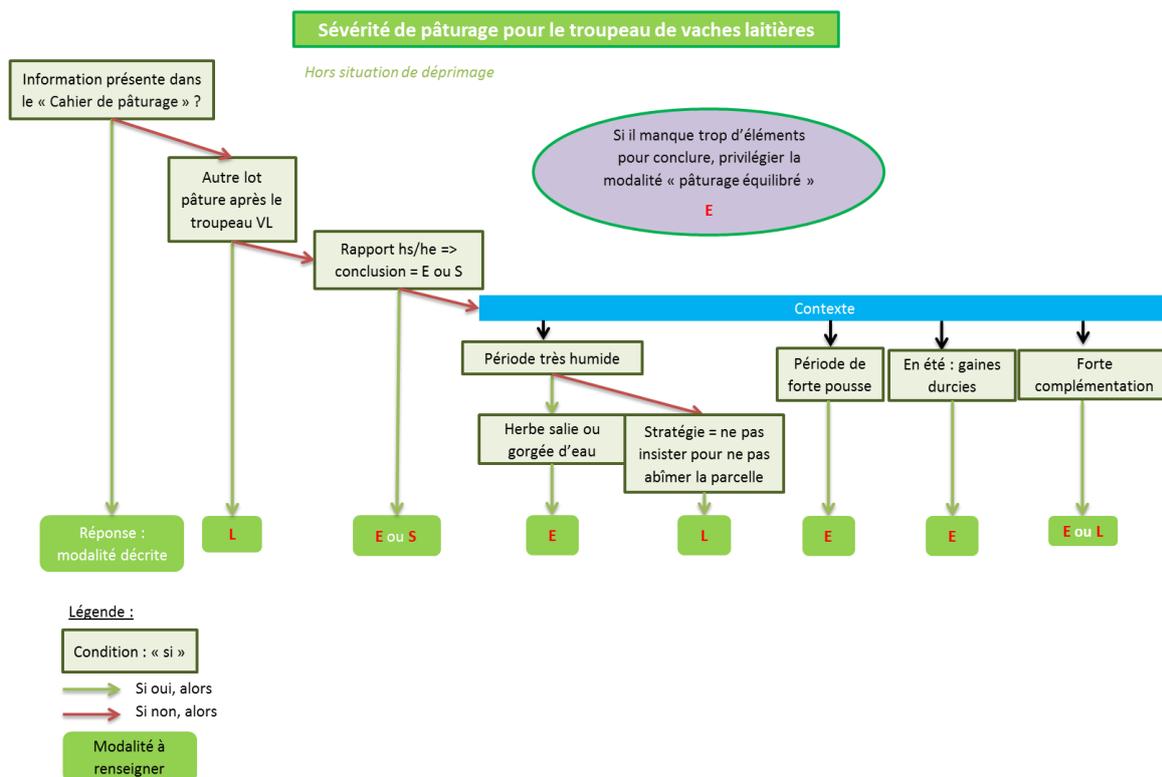


Figure 9: Arbre de décision menant au choix de la modalité de sévérité de pâturage

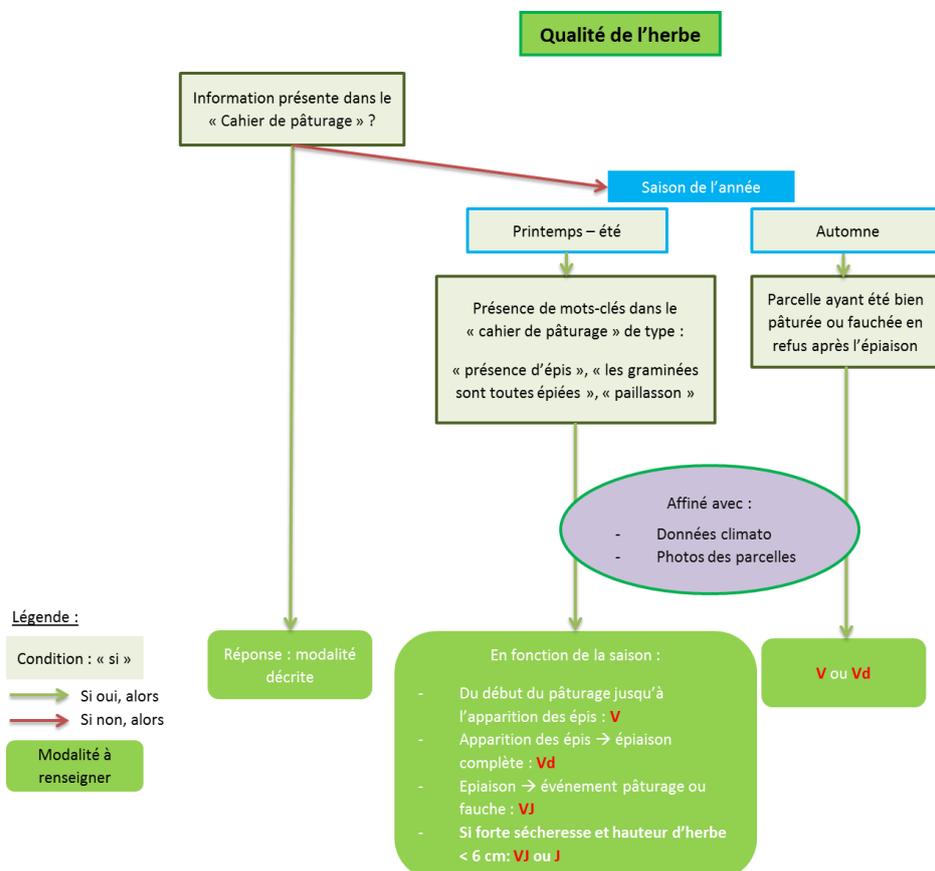


Figure 10 : Arbre de décision menant au choix de la modalité de qualité de l'herbe

En première semaine de sortie : temps d'accès = 4h

En deuxième semaine : temps d'accès = 5h, et ainsi de suite jusqu'à la sortie du troupeau jour et nuit.

Les informations relatives aux récoltes (colonnes « Date de fauche » et « Rendement ») et la complémentation des animaux ont été saisies à partir d'extractions de la base ASTER-ix.

Pour saisir le numéro de cycle de pâturage, une analyse préalable du calendrier de pâturage a été nécessaire. Les fichiers de calcul de la pousse de l'herbe ont également été requis. Dans le cas d'une pousse de l'herbe supérieure à 20 kgMS/ha, un écart de 6 jours ou plus entre deux événements de pâturage a été considéré comme constituant un nouveau passage. Dans le cas d'une faible pousse de l'herbe (< 20 kgMS/ha), deux événements de pâturage espacés jusqu'à 15 jours pouvaient constituer un seul et même passage.

Les colonnes « Sévérité » et « Qualité de l'herbe à l'entrée » ont nécessité un important travail préalable de réflexion. En effet, le choix de la modalité a résulté du rapprochement et de l'interprétation de plusieurs données, présentées dans le tableau 2. C'est ce qui est détaillé ci-après.

b. Les méthodes de saisie mises au point

La répétition des saisies de campagnes de pâturage, la familiarisation avec les données et les lectures des cahiers de pâturage ont permis une appropriation progressive de l'outil et l'élaboration d'une méthode de saisie.

- Qualité de l'herbe et sévérité de pâturage

Les arbres de décisions (figures 9 et 10) présentent les raisonnements hiérarchisés aboutissant au choix de la modalité des variables « Qualité de l'herbe » et « Sévérité de pâturage ». Ils rassemblent la majorité des cas rencontrés lors de la saison des 11 campagnes de pâturage.

Sur les deux arbres, la première condition est de savoir si l'information est présente dans le cahier de pâturage. En effet, ces cahiers sont considérés comme la source la plus sûre, car les techniciens y ont décrit des éléments sur l'état des prairies et la situation de pâturage au retour de leur tour de parcelles hebdomadaire. Ensuite, les arbres de décision ont été construits à partir de la description des variables du Guide d'utilisation HerbValo.

La qualité de l'herbe est très dépendante de la saison dans l'année, en référence à l'épiaison des graminées, mais aussi aux conditions climatiques et à l'état dans lequel les interventions laissent la végétation.

Concernant la sévérité de pâturage, beaucoup d'éléments rentrent en compte dans la réflexion : le lot, l'effectif présent, la surface de la parcelle, les hauteurs d'herbe, la pousse de l'herbe. Tous ne sont pas représentés dans l'arbre de décision, qui est plus synthétique et rassemble la plupart des situations rencontrées. Nous avons privilégié dans un premier temps d'utiliser les données de hauteurs d'herbe. Le problème posé par ces données réside dans le fait qu'elles ont été réalisées à fréquence hebdomadaire, ce qui ne correspond pas précisément à la date d'entrée ou de sortie du troupeau de la parcelle (Figure 11). Sur la parcelle Joly 4, si nous prenons la mesure avant le passage du troupeau comme hauteur d'entrée, et la mesure après comme hauteur sortie, alors nous sous-estimons la sévérité de pâturage. En effet, avec la pousse de l'herbe, la hauteur entrée est inférieure à la hauteur entrée vraie, et la hauteur sortie supérieure à la hauteur sortie vraie. De ce fait, en utilisant le rapport hs/he^5 et le graphique de Delagarde *et al.* (2006) (Figure 12), on conclut très souvent à un pâturage « libéral ». Pour ces cas de figures, finalement très nombreux, l'arbre de décision affine le choix en proposant une modalité pour les situations citées.

- Méthode de saisie d'une campagne de pâturage

Pour chaque campagne de pâturage à saisir, il fallait donc disposer d'un nombre conséquent de données et d'informations. A cette fin, un petit guide a été rédigé afin de faciliter l'organisation préliminaire des données et suggérer une démarche de saisie (Annexe 5). Il est spécifique à la saisie des campagnes de pâturage des deux systèmes herbager et de polyculture-élevage, et vient en complément du Guide d'utilisation Herb'Valo.

2. Les données collectées à l'issue de l'utilisation d'Herb'Valo

Les données finalement collectées à partir du tableau croisé dynamique sont :

- La **production valorisée totale des prairies en t MS/ha**, pour chaque parcelle, chaque année, et chaque saison (printemps, été, automne).
- En outre, le calcul de la production valorisée sous forme de pâturage a été réalisé en complément de façon à disposer d'une appréciation de son montant et de sa part dans la production valorisée totale.

⁵ Hs/he : rapport de la hauteur en sortie de parcelle sur la hauteur en entrée de parcelle. C'est un bon indicateur de la sévérité de pâturage en conditions printanières.

Tableau 3: Description des variables principales, de leurs modalités ainsi que leur part dans l'échantillon global

Variables principales			
Variable	Modalités	Description des modalités	Part dans l'échantillon global
Texture de l'horizon supérieur	A	Argileux	33%
	AL	Argilo-limoneux	19%
	L	Limoneux	19%
	LA	Limono-argileux	29%
Profondeur	PP	Peu profond (20 - 40 cm)	33%
	MP	Moyennement profond (40 - 80 cm)	23%
	P	Profond (> 80 cm)	43%
Hydromorphie	H	Hydromorphe	29%
	PH	Peu hydromorphe	21%
	S	Sain	50%
Distance de la salle de traite	loin	> 500 m de la salle de traite	43%
	pres	< 500 m de la salle de traite	57%
Fertilisation	O_ferti	non fertilisée	81%
	ferti	a reçu au moins un amendement de matière organique	19%
Fauche de foin	foin	Fauchée en foin	49%
	no_foin	Non fauchée en foin	51%
Mode d'exploitation en pâturage	Patu_1	1 pât. Au printemps, 1 en été, et 2 ou + à l'automne	28%
	Patu_2	Pas de pâturage au printemps, pât. Surtout d'automne	13%
	Patu_3	Pas de pâturage au printemps, pât. Surtout d'été	6%
	Patu_4	Maxi. 3 passages	21%
	Patu_5	Mini 4. passages répartis tout au long de l'année	26%
	Patu_6	Pâturage de printemps et d'automne	6%
Climatologie – Bilan Hydrique Apparent	Clim1_deficit (bhaDE_C)	BHA déficitaire au P, excédentaire en E, T°C chaudes	18%
	Clim2_deficit (bhaDN_N)	BHA déficitaire au P, normal en E, T°C normales	9%
	Clim3_excedent (bhaEN_FN)	BHA excédentaire au P, normal en E, T°C froides à normales	27%
	Clim4_normal (bhaN_NC)	BHA normal, T°C normales à chaudes	29%
	Clim5_normal (bhaND_NC)	BHA normal au P, déficitaire en été, T°C normales à chaudes	17%

La poursuite de l'analyse a cherché à rendre compte de ces résultats, au regard des différentes variables choisies, susceptibles de traduire l'effet des spécificités spatiales et temporelles de l'utilisation des parcelles au cours des 11 conduites de pâturage successives.

3. Choix d'analyse statistique

a. Individus et variables

Le parti pris a été de considérer les parcelles – années comme des individus. De cette manière, on peut rendre compte de la variabilité inter-annuelle des parcelles. L'échantillon global est ainsi composé de 230 individus, soient 22 parcelles de 2005 à 2009 puis 20 parcelles de 2010 à 2015. Ces individus « parcelle – année » ont été croisés avec des variables qualitatives relevant de leurs caractéristiques intrinsèques, de leur mode d'exploitation et des conditions climatiques. Le tableau en annexe 12 présente les variables de bases retenues avant de démarrer l'analyse statistique, ainsi que leurs modalités.

La texture de l'horizon supérieur (Texture horsup), la profondeur, et la tendance hydromorphe des parcelles sont identiques à celles utilisées dans HerbValo. La distance de la salle de traite à l'entrée des parcelles est connue à partir d'une carte du parcellaire. Pour ces variables, chaque parcelle porte la même modalité durant les 11 années. Ce sont les variables qui caractérisent les parcelles, indépendamment de l'année considérée.

La variable qui rend compte du régime de fertilisation est composite : elle comprend des modalités relatives au type d'épandage, à la dose épandue, et à la date à laquelle elle a été apportée. Ces données sont issues de la base ASTER-ix, de la même manière que le nombre de fauche de refus. Les modalités relatives au mode d'exploitation et au déprimage des parcelles sont issues d'une lecture et d'une expertise des calendriers de pâturage.

La variable de climatologie a été élaborée à partir d'un travail d'enregistrement et d'analyse des données climatiques réalisé par Jean-Louis Fiorelli. Pour chaque saison, la somme des températures et des précipitations a été comparée à la période allant de 1986 à 2015 (cf. 3.b.). La description des modalités s'est basée principalement sur la description des conditions climatologiques printanières, partant de l'hypothèse qu'elles conditionnent fortement la suite de la saison de pâturage et la production valorisée totale de l'année.

b. Analyse multivariée avec le logiciel R

Le tableau des individus croisés à ces variables qualitatives (en Annexe 6) donne lieu à une analyse de type analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM). Une analyse

Tableau 4 : Description des variables supplémentaires, de leurs modalités ainsi que leur part dans l'échantillon global

Variables supplémentaires			
Variable	Modalités	Description des modalités	Part dans l'échantillon global
Supercifie	n_surf	surface < 2ha	71%
	G_surf	surface > 2ha	29%
Déprimage	n_deprim	parcelle non déprimée	28%
	deprim	parcelle déprimée	72%
Fauche de refus	0f_refus	pas de fauche de refus	58%
	1f_refus	au moins 1 fauche de refus	42%
Prod_val_prtps	NoProd_prtps	Pas de production valorisée au printemps	6%
	Prod_prtps_inf	Niveau de production valorisée inférieur à la médiane de l'échantillon total	47%
	Prod_prtps_sup	Niveau de production valorisée supérieur à la médiane de l'échantillon total	47%
Prod_val_ete	Prod_ete_inf	Niveau de production valorisée inférieur à la médiane de l'échantillon total	50%
	Prod_ete_sup	Niveau de production valorisée supérieur à la médiane de l'échantillon total	50%
Prod_val_aut	NoProd_aut	Pas de production valorisée à l'automne	1%
	Prod_aut_inf	Niveau de production valorisée	49%
	Prod_aut_sup	Niveau de production valorisée inférieur à la médiane de l'échantillon total	50%
Prodvalo_tot	Prod_tot_inf	Niveau de production valorisée totale inférieure à la médiane de l'échantillon total (5 329 tMS/ha)	50%
	Prod_tot_sup	Niveau de production valorisée totale supérieure à la médiane de l'échantillon total (5 329 tMS/ha)	50%

de la variance (ou ANOVA) aurait pu être envisagée, mais les conditions à respecter (à savoir l'homoscédasticité, la normalité des distributions et l'indépendance des individus) n'auraient pas pu être vérifiées. En effet, le dispositif expérimental n'a pas été construit pour ce type d'analyse. De plus, ce type d'analyse se fait sur un nombre limité de variables.

Le tableau individus x variables principales a été traité au moyen du logiciel R avec le package FactoMineR (Lê S. *et al*, 2008). La fonction MCA a été utilisée pour l'AFCM, et la fonction HCPC pour la classification.

Les premières analyses sous R nous ont amené à retravailler le nombre de variables considérées ainsi que leurs modalités. Nous avons ainsi sélectionné en variables principales celles qui, au vu de la bibliographie et de nos connaissances, influencent le plus le rendement d'herbe valorisée. Les autres variables sont dites « supplémentaires » et participeront pas à la formation des axes de l'AFCM. Les variables qui ont nécessité le plus de réflexion pour réviser les modalités sont le mode d'exploitation et la climatologie. La difficulté a été de parvenir à conserver un maximum d'informations avec un minimum de modalités, mais aussi que celles-ci aient un sens pour la poursuite de l'analyse. La variable « fertilisation », a été simplifiée radicalement avec seulement 2 modalités : « parcelle fertilisée » et « parcelle non fertilisée ». Pour la climatologie, le bilan hydrique apparent a été préféré au cumul des précipitations brutes pour chaque saison, complété de la somme des températures moyennes, chaque année étant comparée à la période de 30 ans s'étendant de 1986 à 2015. Pour ces deux critères (bilan hydrique et somme de températures) une saison a été dite « normale » si la valeur du critère est comprise entre le 1^{er} et le 3^{ème} quartile des 30 valeurs, déficitaire ou froide si la valeur est inférieure au 1^{er} quartile et excédentaire ou chaude lorsqu'elle est supérieure au 3^{ème} quartile. Au final, la description des modalités s'est basée principalement sur la description des conditions climatologiques printanières, partant de l'hypothèse qu'elles déterminent très fortement la suite de la saison de pâturage et la production valorisée totale de l'année. Les tableaux 3 et 4 présentent les variables et leurs modalités finalement utilisées.

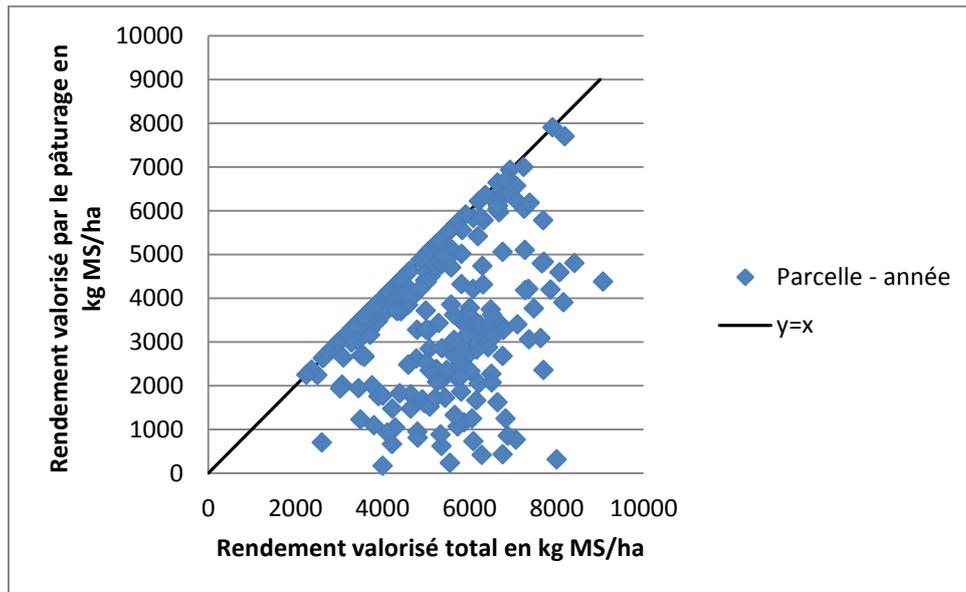


Figure 13: Graphique représentant la part du rendement valorisé par le pâturage dans la production valorisée totale de toutes les entités parcelles - années

Tableau 5 : Récapitulatif des données issues d'HerbValo : la production valorisée totale et par le pâturage

	Production valorisée totale moyenne pondérée des surfaces (kg MS/ha)	Part pâturée de la production valorisée pondérée des surfaces (en kg MS/ha)	Part moyenne pâturée
Moyenne	5 314	3 505	67%
Ecart-type	1 383	1 583	
Mini	4 220	2 637	
Maxi	6 185	4 361	
Coefficient de variation (%)	0.26	0.45	

III. Les résultats obtenus

1. Résultats issus des calculs d'HerbValo

L'utilisation d'HerbValo a abouti à un grand nombre de données par année et par parcelle. Les résultats quantitatifs retenus sont, pour chaque année et chaque parcelle, la production valorisée totale en t MS/ha, ainsi que la part du pâturage dans cette production (Annexe 7).

D'après ces calculs, les prairies permanentes du système herbager ont donné lieu à une production valorisée moyenne de $5,33 \pm 1,56$ t MS/ha.

Le graphique figure 13 met en forme la production valorisée totale de chaque parcelle-année en abscisse, et la part de pâturage en ordonnée. Le nuage des individus est très dispersé : la contribution du pâturage dans le rendement valorisé total est variable entre les individus. On peut constater un rapport moyen de 1 à 3 du rendement valorisé entre les parcelles-années les plus productives et les moins productives. Les parcelles entièrement pâturées (sur la droite $y=x$) produisent entre 2 500 et 7 000 kg MS/ha. Les individus en-dessous de la droite $y=x$ sont des parcelles qui ont été fauchées et pâturées. Elles montrent des productions valorisées totales supérieures entre 3 000 et 8 500 kg MS/ha.

A l'échelle des 11 années et pour l'ensemble des parcelles considérées (tableau 5), la production valorisée totale a été de $5\,314 \pm 1\,383$ kg MS/ha, dont $3\,505 \pm 1\,583$ kg MS/ha en pâturage (66%). Le coefficient de variation est de 26% pour la production valorisée totale, et 45% pour la production valorisée en pâturage. L'année 2015 a présenté la plus faible production valorisée totale moyenne (4 220 kg MS/ha), ainsi que la plus faible production valorisée par le pâturage (2 637 kg MS/ha). L'année 2007 a présenté la plus forte production valorisée totale moyenne (6 185 kg MS/ha), et 2011 la plus forte valorisation en pâturage (4 361 kg MS/ha).

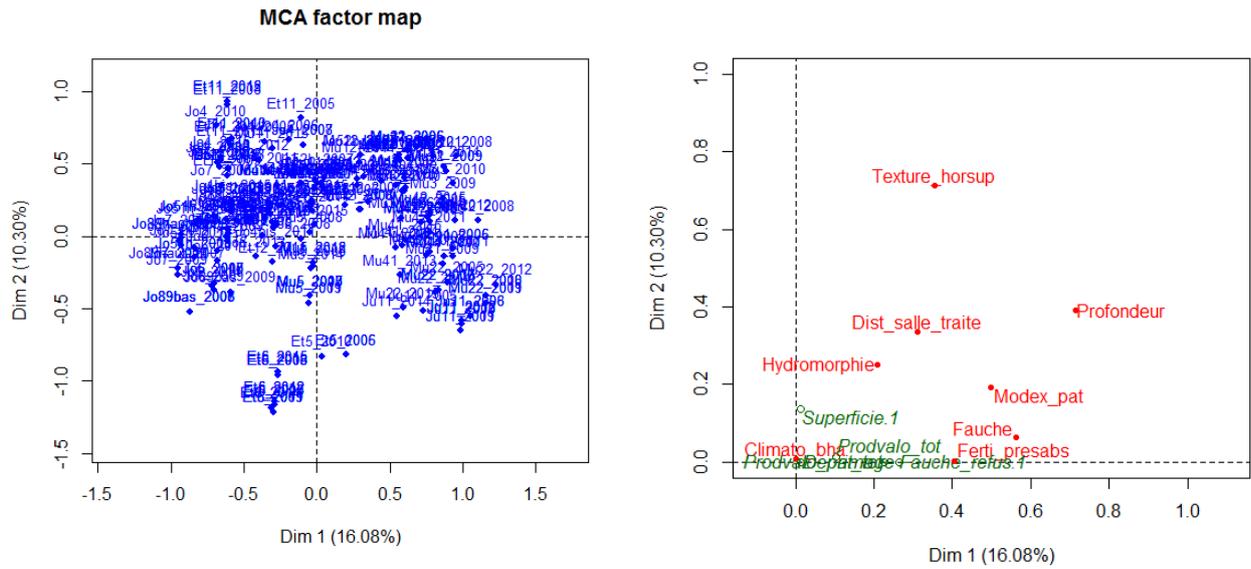


Figure 14: Représentation des entités parcelles – années et des variables sur les axes 1 et 2 de l'AFM

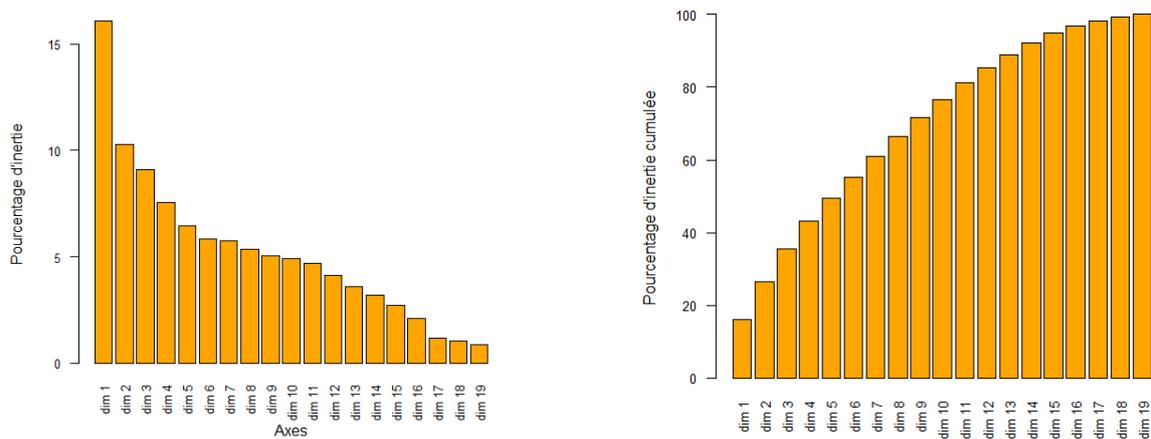


Figure 16 : Histogrammes de l'inertie portée par chaque axe (à gauche), et l'inertie cumulée par chaque dimension (à droite)

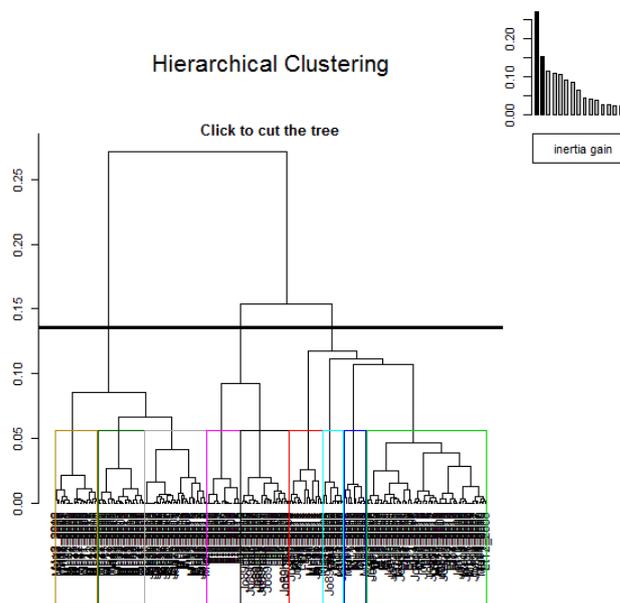


Figure 15 : Dendrogramme issu de la classification HCPC

2. Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) et de la classification hiérarchique sur composante principales (HCPC)

On rappelle que les 27 modalités des 8 variables principales sont décrites dans le tableau 3, et les modalités des 5 variables supplémentaires sont décrites dans le tableau 4.

Le nuage des individus sur les axes 1 et 2 de l'AFCM (figure 14) est homogène et nous n'observons pas d'effet Guttman. La projection des variables sur les deux premiers axes de l'AFCM (figure 14) montre qu'il n'y a pas de variable redondante, car elles sont distinctes les unes des autres. La récolte de foin est la variable qui contribue le plus à la formation de l'axe 1 et la texture à la formation de l'axe 2 (Annexe 8). La variable de climatologie (« Climato_bha ») est confondue avec le barycentre, car les modalités de cette variable ne contribuent pas à la formation des axes 1 et 2 : elles contribuent de fait à la formation des axes 4 et suivants.

L'inertie cumulée sur les deux premiers axes est de 26,38% (Figure 15). A partir de l'histogramme de distribution de l'inertie, nous avons retenu les onze premiers axes pour poursuivre l'analyse et la définition des clusters. Pour cause, un saut plus important d'inertie est observé entre la dimension 11 et la dimension 12. Ceci permet de conserver 81% de la variabilité de l'échantillon contenue par les 11 premiers axes.

A l'issue de la classification hiérarchique, nous obtenons le dendrogramme présenté en figure 16. Le choix du nombre de clusters a été effectué de manière à minimiser la variance intragroupe, tout en veillant à conserver un nombre d'individus par groupe qui ait du sens pour la poursuite de l'analyse, et ce d'après la connaissance du jeu de données. Au vu du dendrogramme, nous avons alors décidé de retenir 9 clusters.

3. Description des clusters

La répartition des modalités de chaque variable dans l'échantillon global et dans chaque cluster est en Annexe 9. Les figures 17, 18 et 19 représentent ce même tableau sous forme de radars. Les valeurs moyennes et écarts-type des productions valorisées totales et des journées de pâturage par culster sont dans le tableau 6.

Le **cluster 1** comprend 28 individus, limités à 4 parcelles et répartis sur la totalité des 11 années du dispositif. Les variables très structurantes de ce cluster témoignent des caractéristiques communes à ces 4 parcelles, proches géographiquement (carte parcellaire).

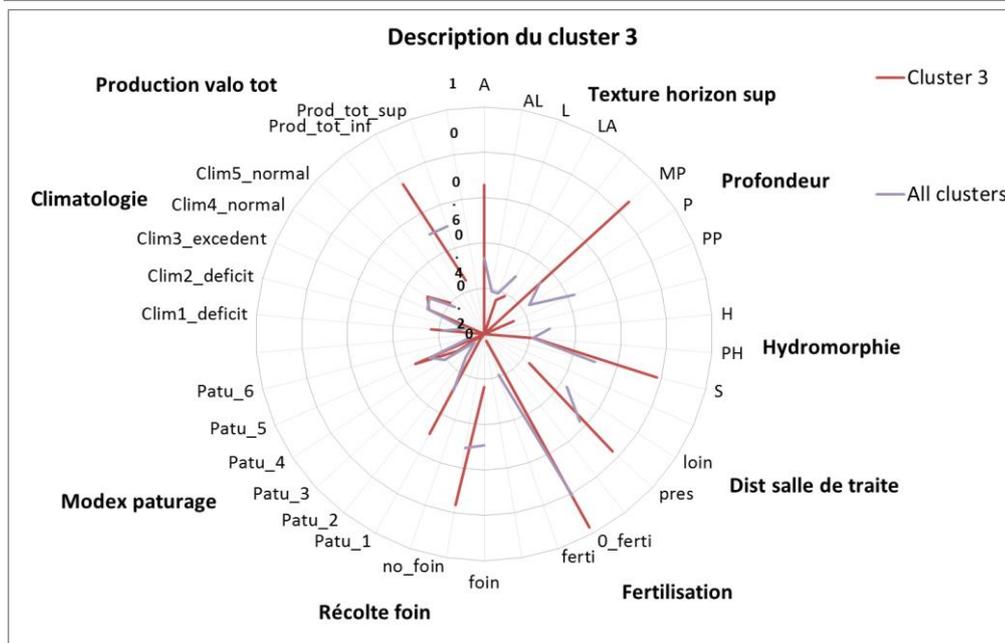
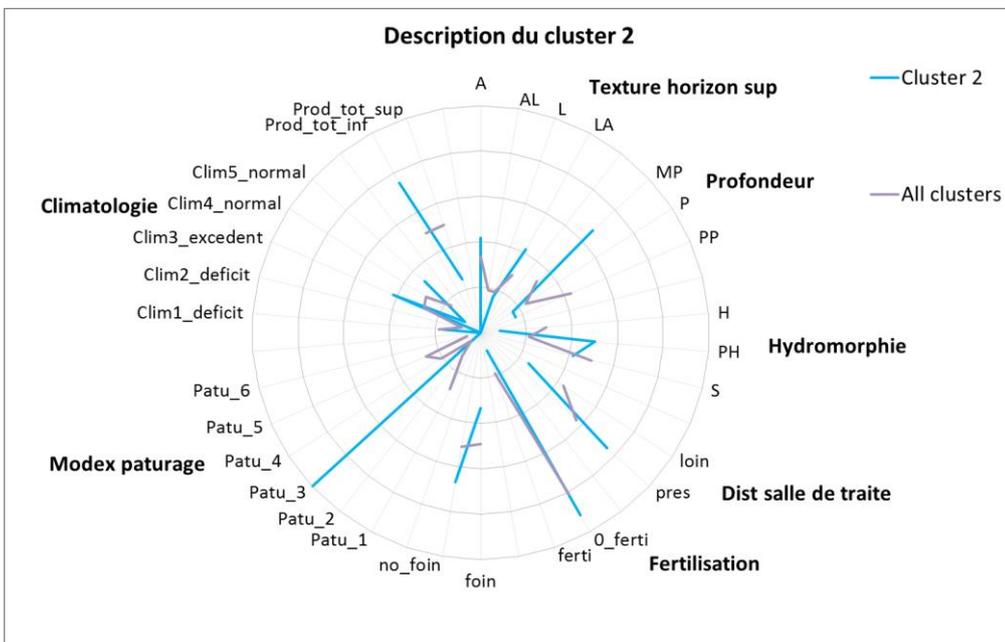
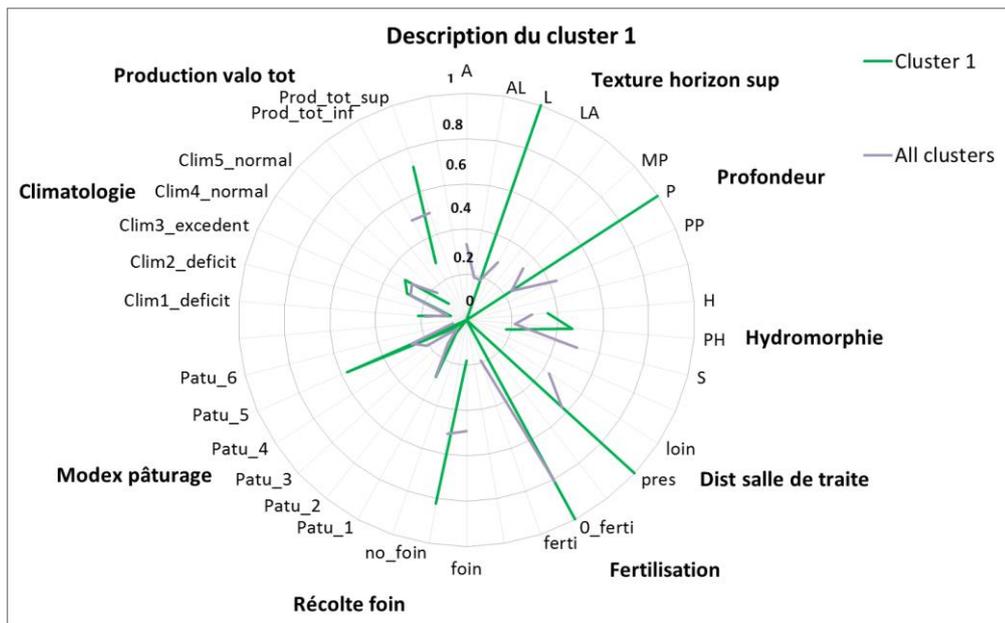


Figure 17 : Représentation sous formes de radars de la distribution des variables dans chaque cluster 1, 2 et 3, comparée à l'ensemble des clusters

Elles ont une texture limoneuse dans l'horizon supérieur du sol, un sol profond et sont à moins de 500 m de la salle de traite. Ces parcelles – années ont été principalement non fauchées (82% des individus), et aucune n'a été fertilisée. Concernant le mode d'exploitation par le pâturage, les deux modalités dominantes « Patu_1 » et « Patu_5 » correspondent à un nombre élevé d'événements de pâturage tout au long de l'année.

L'ensemble des parcelles de ce cluster ont une surface supérieure à 2 ha. La majorité des individus ont été fauchés en refus (pour 79% d'entre eux). La production valorisée totale de $5\,822 \pm 1\,383$ kg MS/ha, est supérieure à la médiane de l'échantillon global. La valorisation au pâturage représente 86% de la production totale ($5\,024 \pm 1\,334$ kg MS/ha).

Le **cluster 2** comprend 12 individus, constitués de 9 parcelles et répartis sur 8 années. Le cluster se distingue notamment par le mode d'exploitation par le pâturage, mais également par la profondeur de sol, l'hydromorphie et la distance de la salle de traite. L'ensemble des individus n'ont pas été pâturés au printemps et surtout l'été. Les individus ont majoritairement des sols moyennement profonds, et peu hydromorphes (modalités qui se démarquent de l'échantillon global), et sont pour la plupart proches de la salle de traite (75% des individus).

La majorité des individus ont une surface inférieure à 2 ha, et ont tous été déprimés. La production valorisée totale moyenne du cluster, de $4\,809 \pm 1\,509$ kg MS/ha, est qualifiée d'inférieure pour 75% des individus. La part de pâturage est de 76% ($3\,645 \pm 1\,346$ kg MS/ha).

Le **cluster 3** comprend 64 individus, constitués de 8 parcelles et répartis sur 10 années du dispositif. Les principales variables qui structurent ce groupe sont la texture, la profondeur de sol, la récolte de foin et dans une moindre mesure le mode d'exploitation par le pâturage. Ces individus présentent majoritairement une texture argileuse, un sol moyennement profond. Ils sont à moins de 500 m de la salle de traite (77% des individus) et majoritairement non récoltés en foin. Parmi les modes d'exploitation, la modalité « Patu_1 » se démarque par rapport à l'échantillon global.

Parmi la totalité des individus, ce cluster se distingue par une plus grande occurrence de la fauche de refus. La production valorisée totale, en moyenne de $4\,700 \pm 1\,342$ kg MS/ha, est inférieure pour 75% des individus. La part de pâturage est de 81% ($3\,829 \pm 1\,297$ kg MS/ha).

Le **cluster 4** comprend 20 individus, constitués de 2 parcelles, répartis sur la totalité des 11 années du dispositif. Les caractéristiques de ces parcelles, proche géographiquement, ainsi que leur mode d'exploitation structurent fortement le cluster. Elles ont toutes une texture

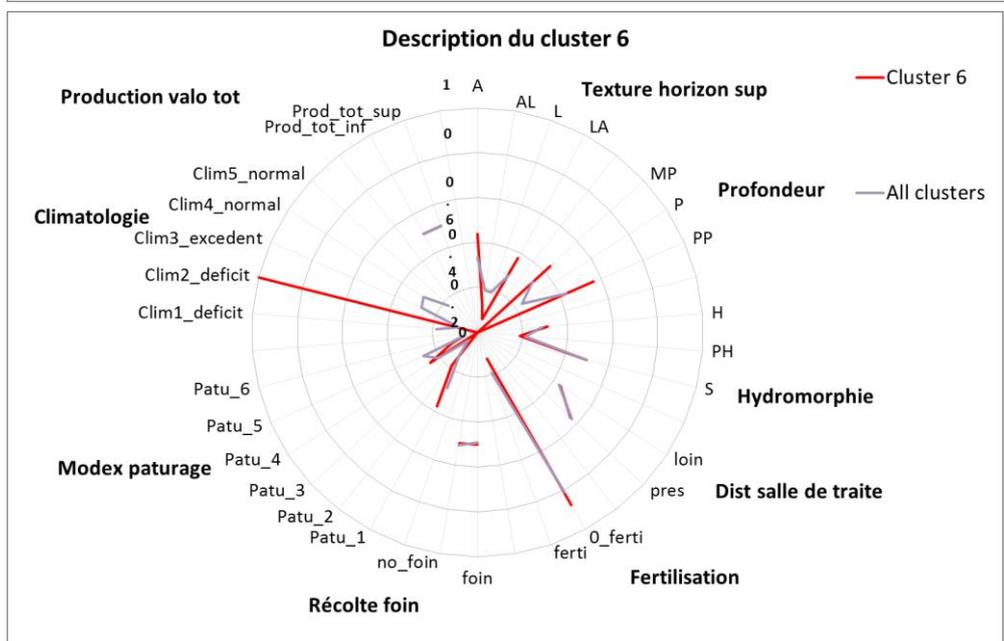
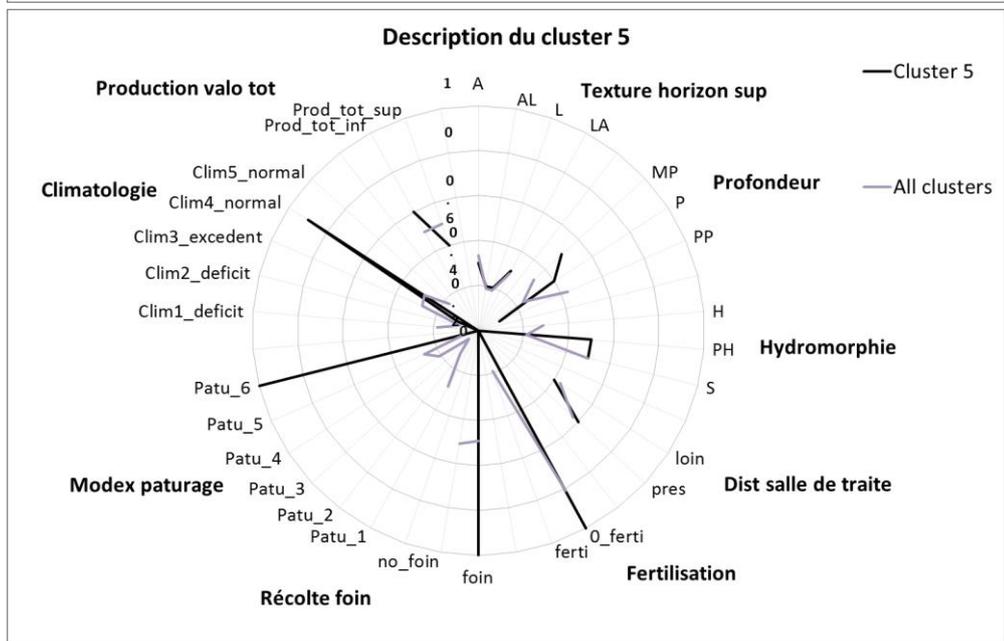
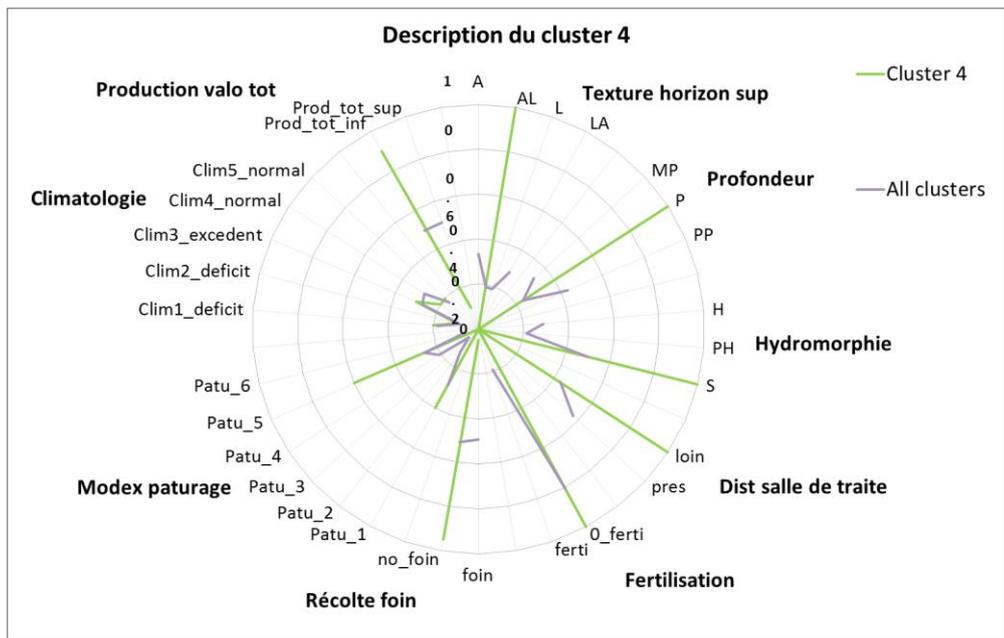


Figure 18 : Représentation sous forme de radars de la distribution des variables dans chaque cluster 4, 5 et 6, comparée à l'ensemble des clusters

argilo-limoneuse, des sols profonds et sains, et sont à plus de 500 m de la salle de traite et n'ont reçu aucun apport organique. Pour 95% des parcelles – années, il n'y pas eu de récolte de foin. La modalité de pâturage qui se démarque le plus de l'échantillon global est « Patu_5 » avec 60% des individus suivi de « Patu_1 » pour 40% des individus. Ces parcelles-années ont donné lieu à plus de 3 passages de pâturage répartis tout au long de l'année.

La majorité des individus de ce cluster ont été déprimés. La production valorisée totale, en moyenne de $3\,894 \pm 867$ kg MS/ha, est « inférieure » pour 90% d'entre eux. La part de pâturage est de 95% ($3\,683 \pm 833$ kg MS/ha).

Le **cluster 5** comprend 10 individus, constitués de 9 parcelles, répartis sur les 4 premières années du dispositif. Les parcelles-années de ce cluster sont assez hétérogènes et se démarquent par les variables de pratiques et de données climatiques : la fertilisation, la récolte de foin, le mode d'exploitation par le pâturage et la climatologie. Les individus sont tous non fertilisés, récoltés en foin, non pâturés en été (modalité « Patu_6 »). Les données climatiques des individus sont caractérisées par un bilan hydrique apparent normal et des températures normales à chaudes au printemps et en été (modalité « Clima4_normal »).

Une majorité des individus ont une surface est inférieure à 2 ha, 70% d'entre eux n'ont pas été fauchés en refus. La totalité des individus présente une production valorisée totale moyenne de $4\,955 \pm 1\,593$ kg MS/ha. La part de pâturage est de 50% ($2\,496 \pm 546$ kg MS/ha).

Le **cluster 6** comprend 16 individus, constitués de 16 parcelles en 2014. Aucune modalité des variables de caractéristiques des parcelles et des pratiques ne se démarque de l'échantillon global. La totalité des individus portent la modalité de climatologie de l'année 2014, à savoir un déficit hydrique apparent au printemps puis normal en été, et des températures normales. Cette modalité représente 9% de l'échantillon global.

Les fréquences des modalités des variables supplémentaires de ce cluster, et notamment la production valorisée et le nombre de journées de pâturage totaux, ne se distinguent pas de celles observées dans l'échantillon global. La production valorisée moyenne est de $5\,052 \pm 867$ kg MS/ha, dont 71% au pâturage ($3\,569 \pm 1\,116$ kg MS/ha)

Le **cluster 7** comprend 28 individus, constitués de 4 parcelles, répartis sur 10 années du dispositif. Les modalités caractéristiques des parcelles et communes à ce groupe sont une texture limono-argileuse, des sols peu profonds et globalement hydromorphes (86% des individus), ainsi que la proximité de la salle de traite à 86%. Les parcelles-années sont

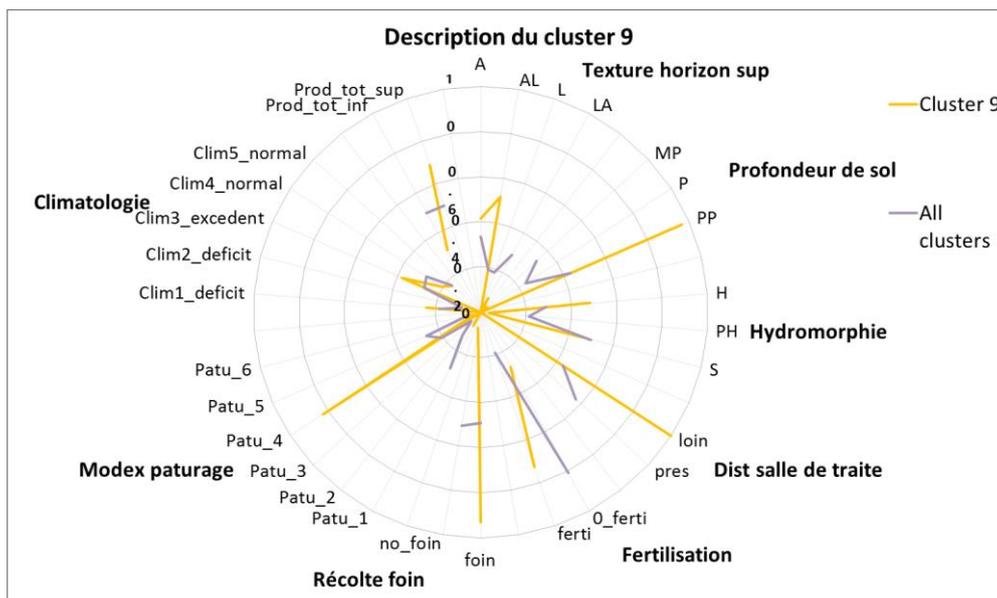
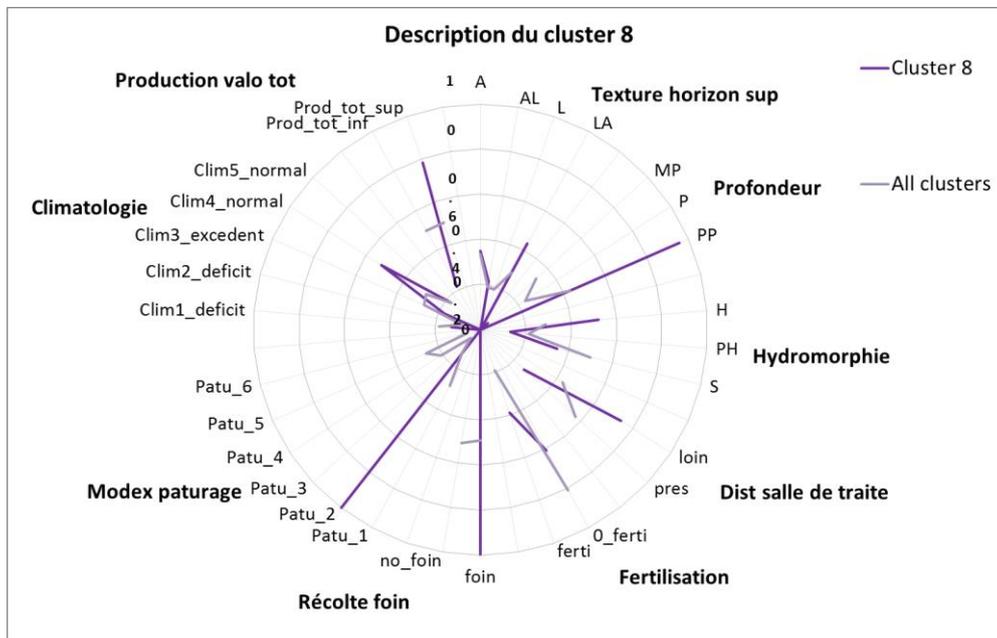
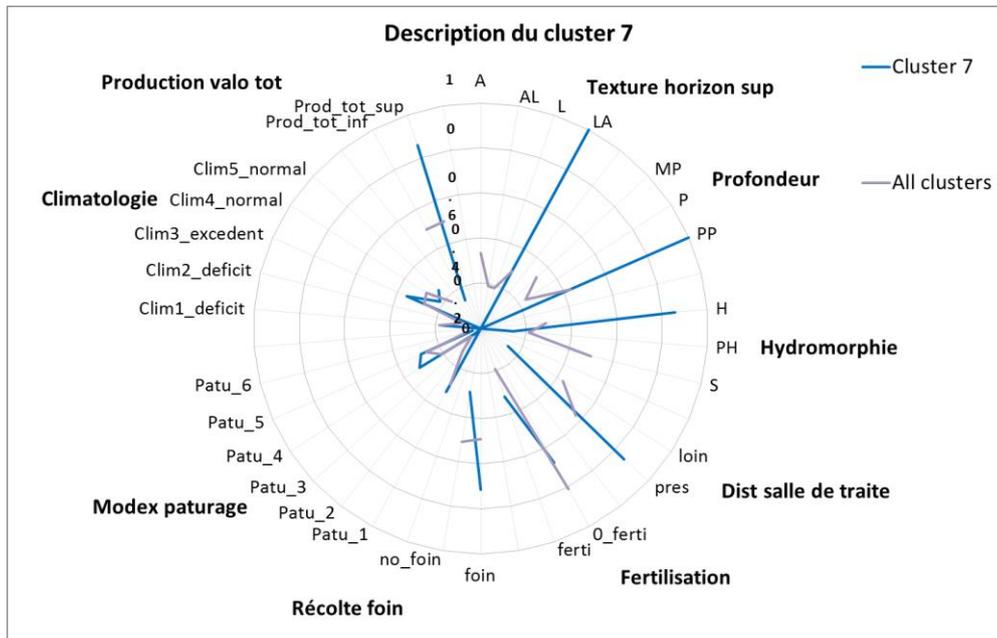


Figure 19 : Représentation sous forme de radars de la distribution des variables dans chaque cluster 7, 8 et 9, comparée à l'ensemble des clusters

majoritairement récoltées en foin (71% des individus). Aucune modalité du mode d'exploitation par le pâturage ne se démarque de l'échantillon global.

Toutes les parcelles ont une surface inférieure à 2 ha, et une plus forte proportion d'individus non déprimés est présente dans ce cluster. La production valorisée totale, en moyenne de $6\,393 \pm 1\,014$ kg de MS/ha, est inférieure pour 86% des individus. La part de pâturage est de 62% ($3\,936 \pm 2\,034$ kg MS/ha). On observe une grande variabilité dans la part de pâturage des parcelles – années de ce cluster.

Le **cluster 8** comprend 23 individus, constitués de 8 parcelles, répartis sur 9 années du dispositif. Les variables très structurantes de ce cluster sont la profondeur de sol, la distance de la salle de traite, la récolte de foin et le mode d'exploitation en pâturage. Les individus ont des sols peu profonds à 96%, éloignés de la salle de traite à 74% (contre 43% dans l'échantillon global), tous récoltés en foin et possèdent la modalité « Patu_2 » du mode d'exploitation en pâturage : ces individus ne sont pas pâturés au printemps, et surtout pâturés à l'automne.

La fauche de refus a concerné 4% des individus. La production valorisée totale, en moyenne de $6\,126 \pm 1\,382$ kg MS/ha, est supérieure pour 78% d'entre eux. La part de pâturage est de 43% ($2\,622 \pm 1\,260$ kg MS/ha).

Le **cluster 9** comprend 29 individus, constitués de 6 parcelles et répartis sur 9 années du dispositif. Les variables structurant fortement ce cluster sont la profondeur de sol, la distance de la salle de traite, la récolte de foin, la fertilisation et le mode d'exploitation par le pâturage. Les individus ont un sol peu profond à 97%, sont tous loin de la salle de traite, récoltés en foin à 93% et majoritairement fertilisés (72% des individus contre 19% dans l'échantillon global) La modalité « Patu_4 » se démarque fortement de l'échantillon global : ce sont des individus faiblement pâturés à 83%.

Une plus forte proportion d'individus non déprimés et ayant une grande surface sont présents dans ce cluster. La fauche de refus a concerné 10% des individus. La production valorisée totale, en moyenne de $5\,707 \pm 994$ kg MS/ha, est supérieure pour 69% d'entre eux. La part de pâturage est de 36% ($2\,027 \pm 1\,333$ kg MS/ha).

Tableau 6: Répartition des variables supplémentaires dans chaque cluster, production valorisée totale et par le pâturage dans chaque cluster

Variable	Modalités	Fréquence									
		éch. global	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8	Cluster 9
Supercifie	G_surf	28.70%	68%	17%	16%	55%	10%	19%	0%	30%	45%
	n_surf	71.30%	32%	83%	84%	45%	90%	81%	100%	70%	55%
Déprimage	deprim	72%	57%	100%	81%	85%	80%	75%	54%	74%	59%
	n_deprim	28%	43%	0%	19%	15%	20%	25%	46%	26%	41%
Fauche de refus	Of_refus	58%	21%	67%	36%	65%	70%	69%	61%	96%	90%
	1f_refus	42%	79%	33%	64%	35%	30%	31%	39%	4%	10%
Prodvalo_tot	Prod_tot_inf	50%	29%	75%	75%	90%	60%	50%	14%	22%	31%
	Prod_tot_sup	50%	71%	25%	25%	10%	40%	50%	86%	78%	69%
Prodvalo_pat	Prod_pat_inf	50%	14%	50%	36%	55%	100%	38%	43%	78%	86%
	Prod_pat_sup	50%	86%	50%	64%	45%	0%	63%	57%	22%	14%

Prodvalo_tot_val (kgMS/ha)	Moyenne	5 283	5 822	4 809	4 700	3 894	4 955	5 052	6 393	6 126	5 707
	Ecart-type	1 383	951	1 509	1 342	867	1 593	867	1 014	1 382	994
Prodvalo_pat_val (kg MS/ha)	Moyenne	3 541	5 024	3 645	3 829	3 683	2 496	3 569	3 936	2 622	2 027
	Ecart-type	1 583	1 334	1 346	1 297	833	546	1 116	2 034	1 260	1 333

Part de pâturage dans la prod_tot

67% 86% 76% 81% 95% 50% 71% 62% 43% 36%

IV. Discussion et analyse critique des résultats

1. Un retour d'expérience sur l'utilisation d'HerbValo

L'outil HerbValo a été conçu pour les techniciens et les éleveurs, et les informations à saisir ont été choisies de manière à ce que l'éleveur n'ait pas besoin de faire de mesures particulières (mesures de hauteurs d'herbe par exemple). De plus, le support papier a été élaboré pour être rempli au fur et à mesure de la campagne de pâturage, en entrée et en sortie de parcelles. Or dans notre cas, les données qui ont été enregistrées régulièrement durant les 11 années ne correspondent pas exactement aux modalités présentes dans HerbValo, plus particulièrement pour la sévérité de pâturage et la qualité de l'herbe. L'interprétation de l'ensemble des données qui a mené au choix des modalités est alors source d'erreurs potentielles. Pour le reste, la saisie a été assez fluide grâce notamment à la clarté du guide d'utilisation proposé et à l'expérience acquise dans l'utilisation de l'outil .

Dans le Guide d'utilisation HerbValo, un graphique de Delagarde est proposé pour déterminer la stratégie de sévérité de pâturage à partir des hauteurs entrée et sortie de la parcelle. Comme expliqué en II.1. , le protocole de mesure des hauteurs d'herbe mis en œuvre à Mirecourt n'a pas permis de renseigner les hauteurs d'herbe précisément à l'entrée et à la sortie du troupeau de la parcelle. De plus, le domaine de validité de ce modèle est le plein printemps et pour une hauteur entrée supérieure à 8 cm. Ceci constitue une première limite et nous mène à dire que nos mesures étaient considérées comme seulement informatives de la hauteur d'herbe moyenne des parcelles, mais ne pouvaient pas permettre de déterminer la sévérité de pâturage à partir du rapport hs/he (Delagarde et al., 2006).

Les mesures de hauteurs d'herbe effectuées à l'herbomètre sont aussi à interpréter avec précaution. De nombreuses sources d'erreurs liées l'utilisation de l'herbomètre entraînent un biais sur les mesures. Par ailleurs, les techniciens font part d'autres sources d'erreurs : pendant la période estivale, on trouve régulièrement la mention suivante dans le cahier de pâturage : « les renoncules sont en fleurs et faussent les mesures de hauteurs d'herbe ». RémiL, technicien de recherche, évoque aussi le durcissement des gaines et des tiges de graminées qui retient plus facilement le plateau de l'herbomètre et fausse les mesures. Enfin, bien que les mesures aient été effectuées le jour de l'entrée du troupeau sur une parcelle, si elles étaient faites quelques heures après leur entrée, alors l'herbe couchée par le passage des animaux pouvaient également fausser les mesures. Au vu de ces considérations, il est évident

que les mesures de hauteurs d'herbe sont empruntées de biais et sont donc à considérer avec précaution.

Les critères de sévérité et de qualité d'herbe n'ont donc pas toujours été faciles à renseigner, et les arbres de décisions présentés en II. 1. témoignent de cette difficulté. Cependant, les erreurs liées au choix des modalités sont à relativiser. En effet, si l'on considère le travail réalisé par Robic en 2015 à propos de la sensibilité des calculs sur HerbValo, les résultats montrent que pour la plupart des variables, une erreur d'un pas de la classe entraîne une variation de 5% du calcul d'herbe valorisée : Pour la qualité de l'herbe, une telle erreur entraîne une variation de 4%, et seulement de 2 à 4% pour la variable de sévérité de pâturage. Ces deux variables étant celles qui ont requis le plus de travail d'interprétation, on peut cumuler les variations et dire que les résultats de production valorisée issus de l'utilisation d'HerbValo peuvent contenir jusqu'à 8% d'erreur, soit tout de même en moyenne 530 kg MS/ha par année. En dépit d'une vérification systématique de toutes les saisies, des erreurs de renseignements ont pu aussi impacter le calcul.

Enfin, ce travail questionne la facilité d'utilisation d'HerbValo par les éleveurs directement. Certains conseillers utilisant l'outil mettent déjà en évidence des difficultés à obtenir des enregistrements réguliers de la part des éleveurs, malgré l'élaboration du support papier. La poursuite des retours d'expérience permettra d'acquérir plus d'éléments à ce sujet. Aussi, un projet CASDAR a été déposé et accepté en juillet 2017, dont l'objectif est d'améliorer les modalités d'utilisation de l'outil avec notamment la mise au point d'une application sur Smartphone à destination des techniciens et des éleveurs.

2. Les choix d'analyse statistique

Le parti pris de considérer chaque individu comme la combinaison d'une parcelle et d'une année donnée, est assez inhabituel. Les parcelles sont les seules entités habituellement considérées. Ce choix est justifié par la volonté de rendre compte d'une variabilité de production valorisée sur une échelle temporelle de 11 années. Cependant, deux éléments restent à considérer : on ne sait pas dire l'importance relative *i)* du passé cultural d'une prairie et *ii)* de son mode d'exploitation et des conditions climatiques de l'année sur sa production valorisée une année donnée.

Les choix d'analyse qui ont mené à la formation des 9 clusters ont permis d'obtenir une analyse statistique robuste : 81% de la variabilité présente dans l'échantillon global ont été pris en compte.

Les 3 catégories à travers lesquelles nous avons souhaité rendre compte de la production d'herbe valorisée n'ont pas eu le même poids dans l'analyse en raison du nombre de variables contenue par chaque catégorie. Les caractéristiques propres aux parcelles sont contenues dans 4 variables, les pratiques sont représentées par 3 variables, et les données climatiques par 1 variable. Pourtant, cette seule variable abiotique était destinée à faire entrer dans l'analyse une dimension temporelle forte, qui a finalement eu un poids plus faible dans l'analyse. Aussi, les données climatiques apparaissent-elles *a priori* non corrélées aux 4 premières variables (il n'y a pas de lien entre des caractéristiques propres aux parcelles et des données climatiques à l'échelle de 11 années), et peut expliquer qu'elle ne soit ressortie dans l'analyse qu'à partir de la dimension 4. De ce fait, elle a moins participé à la formation des clusters. De plus, le choix des modalités a entraîné l'isolement de l'année 2014 qui constitue à elle seule la modalité « bhaDN_N », et la composition du cluster 6 en témoigne : les 16 individus sont des parcelles utilisées en 2014. Il faudra vraisemblablement envisager de reconsidérer cette variable en l'éclatant en plusieurs variables par saison (différemment de ce qui avait été proposé au départ), et/ou en en modifiant les modalités.

D'autres variables pourraient être prises en compte dans la poursuite de l'analyse. L'ambiance productive des parcelles, c'est-à-dire leur caractère plus ou moins ombragé, de « refuge » lors d'intempéries, s'ajouteraient aux caractéristiques de milieu. La description des pratiques pourraient également être sophistiquée avec *i)* l'ajout d'une dimension qui a trait à la fertilisation et aux règles de compensation des récoltes et de réglementation des épandages, *ii)* la variété des modes d'utilisation des prairies par les animaux (pâturage vrai, pâturage « chapelet », stock sur pied, parc de complémentation).

Il serait aussi intéressant de croiser l'analyse avec la composition floristique des prairies permanentes. Cette dimension avait été écartée car nous n'avions pas de données disponibles sur toutes les parcelles du dispositif, mais pourrait faire l'objet d'un approfondissement de ce travail. Il pourrait être envisagé d'étudier la composition fonctionnelle des espèces prairiales, dont notamment les types fonctionnels de graminées pérennes. La typologie élaborée par Cruz et al. (2010) permet de différencier les graminées selon leur traits fonctionnels, qui influencent la productivité des espèces au cours de la saison et donc le potentiel herbager d'une parcelle (Launay et al, 2011). Les typologies sont aussi une manière de prendre en

compte la composition floristique des prairies, et également leurs conditions pédoclimatiques et les pratiques agricoles dominantes. La typologie nationale élaborée par Launay et al. (2011) peut être utilisée, mais il serait plus judicieux de se baser sur une typologie régionale ou locale qui rendrait mieux compte de la diversité des conditions pédoclimatiques locales. A ce jour, il n'existe pas de typologie spécifique à la région de la plaine des Vosges.

3. Premiers éléments d'analyse sur les résultats obtenus

Retenir 9 groupes d'individus est conséquent par rapport au nombre de parcelles étudiées (22 de 2005 à 2009 puis 20 de 2010 à 2015). Cependant, ayant choisi de traiter non pas des parcelles, mais des parcelles – années, les groupes formés sont assez homogènes et permettent de mettre en évidence des caractéristiques communes, ainsi que des niveaux de production valorisée plus ou moins élevés significatifs pour la plupart des clusters.

Le cluster 3 présente un effectif plus abondant que les autres, et plus d'hétérogénéité dans les variables principales étudiées. Malgré cela, ce groupe ne contient que 8 parcelles (moins de la moitié des parcelles du secteur) pour la quasi-totalité des années du dispositif expérimental, et la production valorisée supérieure associée le distingue de l'échantillon global. Le cluster 4 contient 20 individus, mais seulement 2 parcelles. Leurs caractéristiques et mode d'exploitation communs sont mis en évidence, ainsi que leur production valorisée qui est la plus faible des groupes : en moyenne $3\,894 \pm 867$ kg MS/ha. La grande variabilité des conditions entre les campagnes a peu d'influence sur leur mode d'exploitation et leur rendement valorisé. A l'inverse, le cluster 5 ne contient que les 4 premières années du dispositif. Les parcelles ne sont habituellement pas récoltées (et ne reçoivent pas d'amendement organique). Pourtant leur point commun est d'avoir toutes été récoltées pendant l'une des premières années. Ceci montre donc une évolution dans les choix du mode d'exploitations de certaines parcelles. La plupart des parcelles de fauches sont contenues dans les clusters 7, 8 et 9, où la part de fauche dépasse 70% des parcelles – années, et les productions valorisées moyennes sont les plus élevées. Le cluster 7 présente le plus haut niveau de production valorisée, qui s'élève à $6\,393 \pm 1\,014$ kg MS/ha.

V. Conclusion

Parmi les résultats obtenus, le premier élément à retenir est la très grande variabilité de la part du pâturage dans le rendement valorisé total moyen des prairies du secteur accessible aux vaches laitières (coefficient de variation de 45%). La mise en perspective des résultats de production valorisée ont permis de mieux rendre compte de cette variabilité. Les pratiques appliquées aux prairies ont permis de caractériser des groupes de parcelles – années, et de mettre en évidence des tendances de production valorisée supérieures ou inférieures à l'échantillon global. A travers la description de ces groupes, on s'aperçoit aussi de l'évolution de la conduite de certaines prairies par rapport aux premières années du dispositif. Ceci est notamment dû au choix de conception « pas à pas » des systèmes. Le lien entre un mode d'utilisation mixte « fauche et pâture » et une production valorisée supérieure a aussi été bien identifié.

L'outil HerbValo de calcul de l'herbe valorisée dans les systèmes pâturés peut contribuer à combler de connaissances sur l'importance des prairies permanentes dans l'alimentation des herbivores en élevage. Reposant sur des modèles de calcul INRA, la précision des résultats obtenus le rend directement applicable en fermes expérimentales. L'amélioration continue de l'ergonomie de cet outil, c'est-à-dire une meilleure adaptation à son utilisateur, pourrait permettre de rendre son utilisation plus systématique en fermes commerciales et par les éleveurs eux-mêmes, et ainsi développer un réseau de références inter-régionales. Ainsi la perspective apportée par le projet CASDAR de 3 ans et demi est positive pour le développement opérationnel de cet outil.

Bibliographie

- Coquil X., Blouet A., Fiorelli J-L., Bazard C., Trommenschlager J-M., 2009. Conception de systèmes laitiers en agriculture biologique : une entrée agronomique. *Inra Prod. Anim.* 22 (3), 221-234
- Cristofini B., Jeannin B., 1979. L'intensification du pâturage raisonné en système. Un exemple dans les conditions du Plateau Lorrain. *Motorisation et technique agricole*, novembre 1979, 65-67.
- Cruz P., Theau J-P., Lecloux E., Jouany C., Duru M., 2010. Typologie fonctionnelle des graminées fourragères pérennes : une classification multitraits. *Fourrages* 201, 11-17.
- Delaby, L., Peyraud, J.-L., Foucher, N., Michel, G., 2003. The effect of two contrasting grazing managements and level of concentrate supplementation on the performance of grazing dairy cows. *Anim. Res.* 52, 437–460. doi:10.1051/animres:2003030
- Delaby L., J.-Y. Dourmad, F. Béline, P. Lescoat, P. Faverdin¹, J.-L. Fiorelli, F. Vertès, P. Veysset, T. Morvan, V. Parnaudeau, P. Durand, P. Rochette and J.-L. Peyraud. Origin, quantities and fate of nitrogen flows associated with animal production. *Advances in Animal Biosciences*, (2014), 5:s1, pp 28-48
- Delagarde R., Caillat H., Fortin J., 2017. HerbValo, une méthode pour estimer dans chaque parcelle la quantité d'herbe valorisée par les ruminants au pâturage, *Fourrages*, 229, 55-61.
- Delagarde R., Delaby., Faverdin P., 2006. Le calcul de ration pour vaches laitières au pâturage. *Renc. Rech. Rum.* 13. 89-92
- Delagarde R., Faverdin P., Baratte C., Peyraud J.L., 2004. Prévoir l'ingestion d'herbe et la production des vaches laitières : GrazeIN, un modèle pour raisonner l'alimentation au pâturage. *Renc Rech Rum* 11, 295–298.
- Delagarde R., 2009. Outils et indicateurs pour calculer et concilier ingestion des vaches laitières et valorisation de l'herbe au pâturage. *Fourrages* 198, 175–190.
- Faverdin P. Delaby L., Delagarde R.. 2007. L'ingestion d'aliments par les vaches laitières et sa prévision au cours de la lactation. *INRA Prod. Anim.* 20 (2), 151-162.

- Fiorelli J.L., Bazard C., Echampard L., Lavé R., Trommenschlager J.M., 2009. Production de prairies permanentes conduites selon le cahier des charges de l'Agriculture Biologique. Journées de Printemps AFPF.
- Fiorelli J.L., Coquil X., Trommenschlager J.M., Echampard L., Lavé R., Godfroy M., Blouet A., 2014. L'autonomie à l'épreuve du temps. Le cas du système herbager en AB de Mirecourt (Vosges). Journées de l'AFPF.
- INRA. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – valeurs des aliments. Versailles : Editions Quae, 2007, 307p.
- INRA. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Versailles : INRA Editions, 1988
- Launay F., Baumont R., Plantureux S., Farrie J-P., Michaud A., Pottier E., 2011. Prairies Permanentes : des références pour valoriser leur diversité. Ed. Institut de l'élevage. 128 pages.
- Lê, S., Josse, J. & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*. 25(1). pp. 1-18. <http://www.jstatsoft.org/v25/i01/>
- Michaud A., Carrère P., Farrugia A., Jeangros B., Orth D., Pauthenet Y., Plantureux S., 2012. Des typologies pour évaluer les services agro-environnementaux des prairies permanentes. Journées de l'AFPF, p.143-157
- O'Donovan, M., Delaby, L., Peyraud, J.L., 2004. Effect of time of initial grazing date and subsequent stocking rate on pasture production and dairy cow performance. *Anim. Res.* 53, 489–502. doi:10.1051/animres:2004036
- PraiCos, 2014. Optimiser le potentiel productif des prairies. Institut de l'élevage : Bercy, 37 p.
- Robic Y., 2015. Herb'Valo. Un outil simple et robuste pour estimer la quantité d'herbe valorisée des prairies en fermes laitières. Université d'Angers.
- Seuret et al, 2014. Des outils d'aide à la gestion du pâturage pour mieux valoriser les prairies et renforcer la confiance des éleveurs. *Fourrages*, 218, 191-201.
- Trommenschlager J-M, Gaujour E. 1, Fontana E. 1, Harmand M., Foissy D., Huguet J, Bazard C., 2010. *Cah. Techn. Inra*, 69, 5-27
- Vignau-Loustau, L., Huyghe, C., 2008. Stratégies fourragères. France Agricole Editions.

Glossaire

Capacité d'ingestion d'un animal : Il s'agit de la quantité d'aliments que peut ingérer un animal alimenté à volonté. Elle dépend des caractéristiques anatomiques (format, taille du rumen...) et physiologiques (appétit, état d'engraissement, stade de gestation...) de l'animal. Chez les animaux laitiers en production, elle est déterminée principalement par le potentiel de production et le poids. Exprimée en unités d'encombrement (UE), la capacité d'ingestion est indépendante de la nature et de la composition de la ration.

Croissance de l'herbe : C'est la matière sèche produite par un hectare de prairie en une journée. Elle peut varier de 0 (hiver) à plus de 100 kg MS/ha/jour.

Herbomètre : Outil de mesure de la hauteur de l'herbe dans une prairie, constitué d'une tige graduée centrale et d'un plateau coulissant (30 x 30 cm) qui exerce une pression sur l'herbe (standardisée à 4.5 kg/m² en France). La hauteur mesurée est donc une hauteur « compressée ».

Pâturage tournant: Les animaux consomment le fourrage successivement dans plusieurs parcelles provenant de la subdivision de la surface fourragère à pâturer. La durée de séjour sur une parcelle varie en fonction de la quantité d'herbe disponible et de la taille de troupeau.

Production d'herbe valorisée des prairies : Rendement d'herbe des prairies issu de l'utilisation de la parcelle en pâturage ou en fauche. A la différence du potentiel de production, la production valorisée rend compte de l'efficacité d'utilisation d'une prairie.

Unité d'encombrement (UE) : Une herbe jeune et feuillue a une ingestibilité de 75 g de matière sèche par kg PV^{0.75}, a pour définition une valeur de d'encombrement d'une unité (1 UEL) chez la vache laitière par kg de matière sèche. Cette herbe est un aliment de référence qui présente un taux de MAT (matière azotée totale) de 15% dans la MS et une dMO (digestibilité de la matière organique) de 77%.

Tables des figures et tableaux

Figure 1 : Historique de développement de l'unité ASTER et des projets de recherche.....	3
Figure 2 : Schéma de synthèse des systèmes herbager et de polyculture-élevage.....	4
Figure 3 : Carte du parcellaire de l'installation expérimentale de l'unité ASTER.....	5
Figure 4 : Répartition de l'assolement du système de polyculture élevage	5
Figure 5 : Schéma du calcul de rendement d'herbe valorisé par la méthode PraiCos. Source : Y. Robic, 2015	10
Figure 6 : Schéma du calcul de l'ingestion d'herbe au pâturage par le modèle GrazeIn. Source : Y. Robic, 2015	11
Figure 7 : Schéma du calcul d'herbe ingérée des Tables INRA (2007). Source : Y. Robic, 2015.....	11
Figure 8 : Carte du parcellaire accessible aux vaches laitières du système herbager	15
Figure 9 : Arbre de décision menant au choix de la modalité de sévérité de pâturage	18
Figure 10 : Arbre de décision menant au choix de la modalité de qualité de l'herbe.....	18
Figure 11 : Ecart entre les mesures de hauteurs d'herbe et le passage du troupeau sur la parcelle. Extrait d'un calendrier de pâturage.	19
Figure 12 : Description de la variable de sévérité de pâturage. Extrait du Guide d'utilisation HerbValo (Annexe 3).....	19
Figure 13 : Graphique représentant la part du rendement valorisé par le pâturage dans la production valorisée totale de toutes les entités parcelles - années.....	22
Figure 14 : Représentation des entités parcelles – années et des variables sur les axes 1 et 2 de l'AFCM.....	23
Figure 15 : Dendrogramme issu de la classification HCPC.....	23
Figure 16 : Histogrammes de l'inertie portée par chaque axe (à gauche), et l'inertie cumulée par chaque dimension (à droite)	23
Figure 17 : Représentation sous formes de radars de la distribution des variables dans chaque cluster 1, 2 et 3,, comparée à l'ensemble des clusters.....	24
Figure 18 : Représentation sous forme de radars de la distribution des variables dans chaque cluster 4, 5 et 6, comparée à l'ensemble des clusters.....	25

Figure 19 : Représentation sous forme de radars de la distribution des variables dans chaque cluster 7, 8 et 9, comparée à l'ensemble des clusters..... 26

Tableau 1 : Source utilisées pour la saisie des onglets "Identité" et "Saisie et résultats" sur HerbValo 16

Tableau 2 : Présentation des sources d'information utilisées pour renseigner la sévérité de pâturage et la qualité de l'herbe 17

Tableau 3 : Description des variables principales, de leurs modalités ainsi que leur part dans l'échantillon global 20

Tableau 4 : Description des variables supplémentaires, de leurs modalités ainsi que leur part dans l'échantillon global 21

Tableau 5 : Récapitulatif des données issues d'HerbValo : la production valorisée totale et par le pâturage 22

Tableau 6 : Répartition des variables supplémentaires dans chaque cluster, production valorisée totale et par le pâturage dans chaque cluster..... 27

Tables des annexes

Annexe 1 : Réflexion personnelle	I
Annexe 2 : Organigramme de l'unité ASTER	II
Annexe 3 : Guide d'utilisation HerbValo	III
Annexe 4 : Exemple de calendrier de pâturage	IV
Annexe 5 : Guide de saisie d'une campagne de pâturage sur HerbValo V3	V
Annexe 6 : Tableau complet des individus	VI
Annexe 7 : Résultats issus des calculs d'HerbValo	VII
Annexe 8 : Contribution des modalités sur les 10 premières dimensions de l'AFCM	VIII
Annexe 9 : Tableau descriptif des clusters en fonction des variables étudiées	IX
Annexe 10 : Onglet « Identité » de l'outil Excel Herb'Valo	X
Annexe 11 : Onglet « Saisie et résultats » de l'outil Excel herbValo	XI
Annexe 12 : Liste des premières variables utilisées (non finales) et leurs modalités	XII

ANNEXE 1 – Réflexion personnelle

Ce stage a été, suite à mon stage « Première Mission Professionnelle », une seconde expérience dans le milieu de la recherche, dans un pays et un organisme différents. Je peux dire avoir reçu dès les premiers jours un apprentissage considérable sur le(s) métier(s) de chercheur à l'INRA, et notamment dans une unité qui travaille en lien étroit avec un support « réel » de recherche qu'est l'exploitation de polyculture élevage de l'installation expérimentale.

En premier lieu, j'ai eu la chance d'apprendre à me saisir d'un outil mis en place récemment qu'est HerbValo, et d'avoir été dans une démarche d'apprentissage permanent sur l'alimentation des vaches laitières au pâturage, la gestion de l'herbe et des systèmes fourragers. Ceci a répondu à une de mes attentes fortes sur ce stage : partir avec une curiosité très éveillée sur ces thématiques, et revenir avec la certitude de mon intérêt pour la recherche d'autonomie alimentaire dans les élevages d'herbivores, et par l'importance d'une meilleure considération des prairies. Aussi, pouvoir mettre à profit mon niveau d'expertise sur l'utilisation d'HerbValo a été très gratifiant.

Le travail effectué m'a permis de réaliser toute la complexité de choisir et récolter des données expérimentales afin de les analyser et répondre à des objectifs de recherche. Il est important de faire preuve de rigueur, mais aussi d'un esprit critique pour éviter de se perdre dans une masse d'information très importante. Pour cela, j'ai pu bénéficier de l'expérience de chercheurs comme Jean-Louis Fiorelli, et aussi de techniciens de recherche de l'installation expérimentale : cette connexion avec les questionnements qui ont lieu sur le terrain, et la collecte de données expérimentales, permet d'ajouter une dimension qui rapproche les travaux de recherche des situations réelles et courantes.

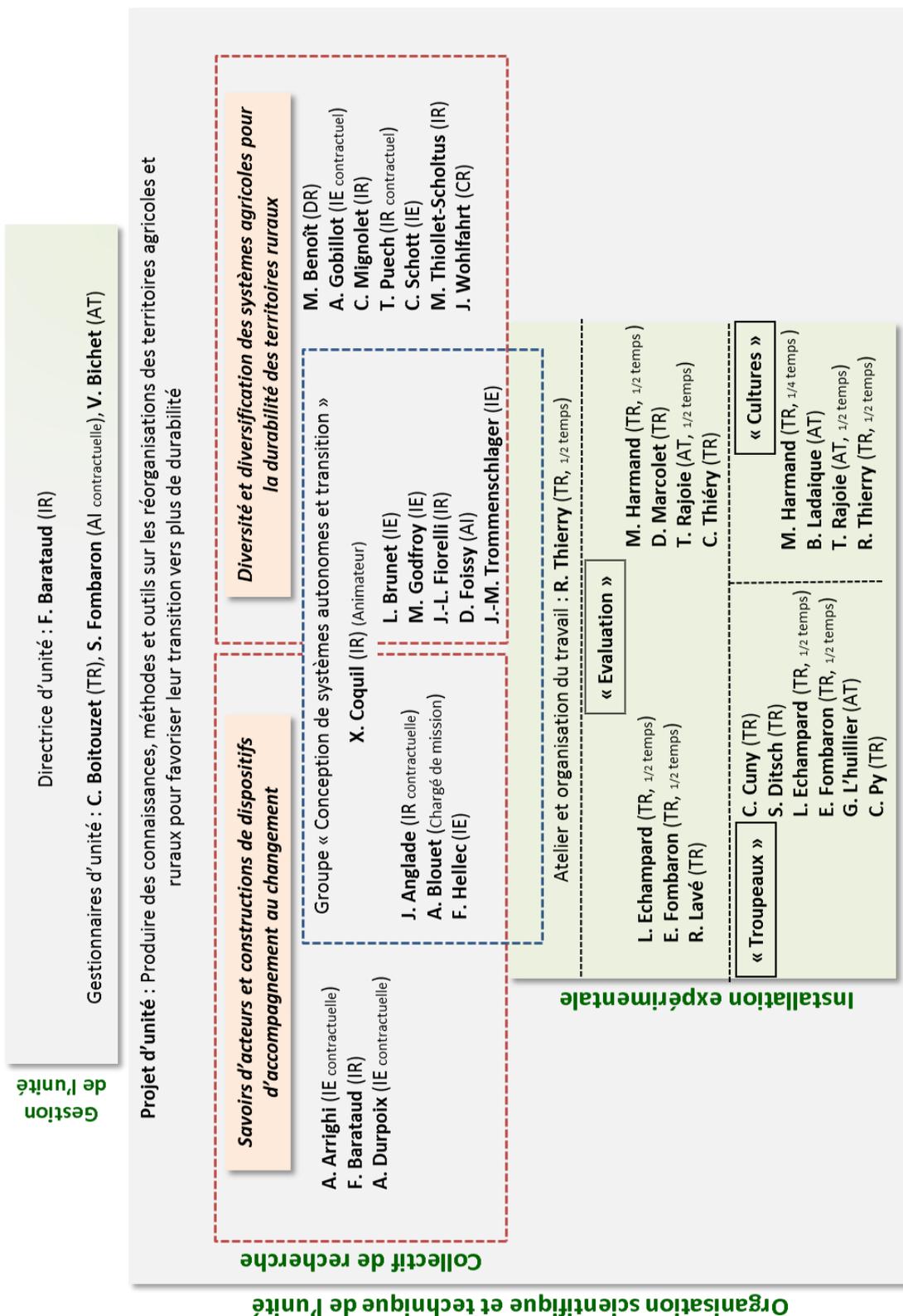
Une expérimentation à moyen terme comme celle des deux systèmes mis en place à Mirecourt donne lieu à un ensemble conséquent de données sur une échelle temporelle assez longue pour avoir du poids. Mais à l'inverse d'une expérimentation analytique, les modalités de conduite stratégique et opérationnelles d'une expérimentation système évoluent, afin de répondre aux objectifs tout en faisant face aux aléas. L'intérêt principal que je retiens, est qu'à défaut de comprendre l'effet du changement d'un seul facteur, on s'intéresse plutôt aux modalités d'ajustement du pilotage et des prises de décisions sur l'évolution d'un système plus global. Ceci a pour ambition de produire des connaissances et des outils pour guider l'Action, c'est-à-dire transmettre des connaissances et des méthodes au service, non

seulement des communautés scientifiques, mais aussi des acteurs des milieux agricoles et ruraux. A mon sens, c'est dans cette optique que la Recherche pourra contribuer de manière efficace à répondre aux enjeux environnementaux, sociétaux et économiques à venir.

ANNEXE 2 : Organigramme de l'unité ASTER

Organigramme fonctionnel de l'UR 055 ASTER-Mirecourt

Mars 2017



ANNEXE 3 : Guide d'utilisation HerbValo

ANNEXE 5 : Guide de saisie d'une campagne de pâturage sur HerbValo V3

Proposition d'une méthode pour saisir une campagne de pâturage sur HerbValo V3

> *Avant de commencer à saisir :*

1. S'assurer d'avoir ces documents à disposition :

- ✓ Guide pour saisie HerbValo V3
- ✓ Calendrier de pâturage
- ✓ Fichier de complémentation
- ✓ ITK
- ✓ HHE/S
- ✓ Cahier de pâturage (LE, RL)

En + ...

- ✓ Croissance de l'herbe (fichiers recapPAT)
- ✓ Données météo

2. Imprimer le calendrier de pâturage

- ✓ 3 feuilles, 3 à 4 mois / feuille, en couleur

3. Préparation des données

- Rendements des fauches

- ✓ Créer dans « ITK » une colonne de rendement en t MS/ha : diviser les t MS par la totalité de la surface de la parcelle (et non seulement la part fauchée lorsque la parcelle a été divisée en deux, cf. guide HerbValo V3)

- Numéros de passages

- ✓ Ecrire sur le calendrier les numéros de passage/cycle pour chaque parcelle.

En cas de pousse très faible ou nulle de l'herbe, écart jusqu'à 15 jours entre deux événements de pâturage constitue 1 passage (notamment à la fin de la campagne)

> *Saisie :*

4. Remplir l'onglet « Identité »

Pour la fertilisation : Purin écarté pour le moment,

« Fumier composte » = « Compost » pour HerbValo

5. Saisie des parcelles

Je procède en 2 saisies :

- **Saisie complète du calendrier de pâturage** (partie sans le cahier de pâturage et autres fichiers de données)

Remplir les colonnes **NomParc, NumCycle, Intervention, NatTroup, Effectif, Dates, Rendement, TSej, Complémentation**

- **2^{ème} passage avec TA, vérification de la 1^{ère} saisie, sévérité et qualité de l'herbe** (partie avec lecture du cahier de pâturage + hhes + météo + croissance de l'herbe)

Remarques

NumCycle : Si plusieurs périodes de pâturage pour 1 passage, écrire 1.1, 1.2, 1.3, etc...

Effectifs : Si deux parcelles ensemble → Effectif = % de la surface de la chaque parcelle

Qualité de l'herbe : à partir de la période de l'année et du cahier de pâturage

Sévérité de pâturage : à partir du cahier de pâturage (en premier, si une information existe), puis des hhes (référence de Rémy : le graphique). Par défaut, mettre « Equilibre »

ANNEXE 6 : Tableau complet des individus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Et11_2005	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et12_2005	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et5_2005	AL	P	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2005	AL	P	port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Jo3_2005	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4_2005	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo4bis_2005	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo51h_2005	L	MP	port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2005	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo6_2005	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Jo7_2005	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo89bas_2005	L	P	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo89haut_2005	L	P	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Ju11_2005	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu11_2005	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Mu12_2005	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Mu21_2005	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu22_2005	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu3_2005	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu41_2005	A	PP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2005	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu5_2005	A	PP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Et11_2006	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Et12_2006	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et5_2006	AL	P	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et6_2006	AL	P	port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo3_2006	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo4_2006	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	Of_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Jo4bis_2006	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo51h_2006	L	MP	port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2006	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Jo6_2006	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo7_2006	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_3	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo89bas_2006	L	P	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo89haut_2006	L	P	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Ju11_2006	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2006	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Mu12_2006	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu21_2006	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu22_2006	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu3_2006	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_5	foin	ferti	n_deprim	1f_refus
Mu41_2006	A	PP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu42_2006	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu5_2006	A	PP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et11_2007	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Et12_2007	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et5_2007	AL	P	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2007	AL	P	port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo3_2007	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo4_2007	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo4bis_2007	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo51h_2007	L	MP	port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2007	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo6_2007	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo7_2007	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo89bas_2007	L	P	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Jo89haut_2007	L	P	peu_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Ju11_2007	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2007	A	MP	port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2007	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_1	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu21_2007	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaN_NC	Patu_5	foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Mu22_2007	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu3_2007	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_6	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu41_2007	A	PP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu42_2007	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaN_NC	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu5_2007	A	PP	port	n_surf	loin	bhaN_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et11_2008	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et12_2008	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et5_2008	AL	P	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2008	AL	P	port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo3_2008	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo4_2008	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4bis_2008	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo51h_2008	L	MP	port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2008	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo6_2008	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Jo7_2008	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo89bas_2008	L	P	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo89haut_2008	L	P	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Ju11_2008	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_2	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2008	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_6	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2008	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_2	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu21_2008	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu22_2008	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Mu3_2008	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	foin	ferti	n_deprim	1f_refus
Mu41_2008	A	PP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_6	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2008	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_2	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu5_2008	A	PP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et11_2009	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et12_2009	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_3	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et5_2009	AL	P	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2009	AL	P	port	G_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo3_2009	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_4	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4_2009	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo4bis_2009	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo51h_2009	L	MP	port	G_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2009	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo6_2009	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo7_2009	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo89bas_2009	L	P	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo89haut_2009	L	P	peu_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Ju11_2009	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2009	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2009	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu21_2009	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu22_2009	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu3_2009	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu41_2009	A	PP	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2009	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaDE_C	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu5_2009	A	PP	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et11_2010	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et12_2010	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Et5_2010	AL	P	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2010	AL	P	port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo3_2010	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo4_2010	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4bis_2010	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo51h_2010	L	MP	port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2010	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo6_2010	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo7_2010	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Ju11_2010	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2010	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2010	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	foin	ferti	deprim	1f_refus
Mu21_2010	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	ferti	n_deprim	1f_refus
Mu22_2010	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu3_2010	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_2	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu41_2010	A	PP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2010	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_5	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu5_2010	A	PP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et11_2011	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et12_2011	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et5_2011	AL	P	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2011	AL	P	port	G_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo3_2011	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4_2011	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	ferti	deprim	1f_refus
Jo4bis_2011	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	ferti	deprim	1f_refus
Jo51h_2011	L	MP	port	G_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo52b_2011	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo6_2011	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Jo7_2011	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Ju11_2011	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2011	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2011	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu21_2011	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDE_C	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu22_2011	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_4	foin	ferti	deprim	1f_refus
Mu3_2011	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_3	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu41_2011	A	PP	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_2	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2011	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaDE_C	Patu_1	foin	ferti	deprim	1f_refus
Mu5_2011	A	PP	port	n_surf	loin	bhaDE_C	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et11_2012	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et12_2012	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et5_2012	AL	P	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et6_2012	AL	P	port	G_surf	loin	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo3_2012	A	MP	port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4_2012	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4bis_2012	A	MP	port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo51h_2012	L	MP	port	G_surf	pres	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2012	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo6_2012	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaND_NC	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo7_2012	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaND_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Ju11_2012	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaND_NC	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2012	A	MP	port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2012	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	ferti	deprim	1f_refus
Mu21_2012	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_6	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu22_2012	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_2	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu3_2012	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu41_2012	A	PP	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Mu42_2012	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaND_NC	Patu_6	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu5_2012	A	PP	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et11_2013	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Et12_2013	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Et5_2013	AL	P	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2013	AL	P	port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo3_2013	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo4_2013	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4bis_2013	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo51h_2013	L	MP	port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2013	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo6_2013	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo7_2013	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Ju11_2013	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu11_2013	A	MP	port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Mu12_2013	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu21_2013	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu22_2013	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu3_2013	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu41_2013	A	PP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	no_foin	ferti	deprim	1f_refus
Mu42_2013	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_4	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu5_2013	A	PP	port	n_surf	loin	bhaEN_FN	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et11_2014	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et12_2014	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaDN_N	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et5_2014	AL	P	port	n_surf	loin	bhaDN_N	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Et6_2014	AL	P	port	G_surf	loin	bhaDN_N	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo3_2014	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4_2014	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Jo4bis_2014	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_4	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo51h_2014	L	MP	port	G_surf	pres	bhaDN_N	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo52b_2014	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Jo6_2014	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaDN_N	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo7_2014	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaDN_N	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Ju11_2014	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaDN_N	Patu_6	foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Mu11_2014	A	MP	port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2014	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu21_2014	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaDN_N	Patu_4	foin	ferti	n_deprim	1f_refus
Mu22_2014	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaDN_N	Patu_4	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu3_2014	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaDN_N	Patu_1	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu41_2014	A	PP	port	n_surf	loin	bhaDN_N	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2014	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaDN_N	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu5_2014	A	PP	port	n_surf	loin	bhaDN_N	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	Of_refus
Et11_2015	LA	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_3	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et12_2015	LA	MP	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_4	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Et5_2015	AL	P	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Et6_2015	AL	P	port	G_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo3_2015	A	MP	port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo4_2015	A	MP	peu_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo4bis_2015	A	MP	port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus
Jo51h_2015	L	MP	port	G_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo52b_2015	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_3	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Jo6_2015	L	P	no_port	G_surf	pres	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Jo7_2015	L	P	peu_port	G_surf	pres	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	deprim	1f_refus
Ju11_2015	AL	PP	port	G_surf	loin	bhaND_NC	Patu_4	foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu11_2015	A	MP	port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_3	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu12_2015	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_5	no_foin	0_ferti	n_deprim	1f_refus

Individu	Texture				Dist salle de traite	Climato_bha	Patu				Fauche refus
	horsup	Profondeur	Portance	Superficie			annee	Fauche	Ferti	Deprimage	
Mu21_2015	LA	PP	no_port	n_surf	pres	bhaND_NC	Patu_1	foin	ferti	n_deprim	Of_refus
Mu22_2015	AL	PP	no_port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	ferti	deprim	Of_refus
Mu3_2015	LA	PP	peu_port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu41_2015	A	PP	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu42_2015	A	PP	no_port	G_surf	loin	bhaND_NC	Patu_2	foin	0_ferti	deprim	Of_refus
Mu5_2015	A	PP	port	n_surf	loin	bhaND_NC	Patu_1	no_foin	0_ferti	deprim	Of_refus

ANNEXE 7 : Résultats issus des calculs d'HerbValo

2005	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat	2006	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat
Et11	5 060	3 276	65%	Et11	4 515	4 255	94%
Et12	5 291	3 433	65%	Et12	5 243	2 381	45%
Et5	3 763	2 014	54%	Et5	3 914	1 764	45%
Et6	3 477	3 477	100%	Et6	3 385	3 274	97%
Jo3	4 441	4 441	100%	Jo3	2 506	2 247	90%
Jo4	4 599	2 487	54%	Jo4	3 450	1 943	56%
Jo4bis	4 602	2 487	54%	Jo4bis	2 372	2 372	100%
Jo51h	5 340	4 980	93%	Jo51h	6 299	4 743	75%
Jo52b	6 927	6 693	97%	Jo52b	5 088	2 848	56%
Jo6	5 000	3 718	74%	Jo6	5 914	5 914	100%
Jo7	5 297	5 297	100%	Jo7	4 800	3 283	68%
Jo89b	6 881	6 414	93%	Jo89b	6 645	6 044	91%
Jo89ht	4 262	3 918	92%	Jo89ht	5 947	2 683	45%
Ju11	6 220	2 059	33%	Ju11	5 717	2 189	38%
Mu11	7 863	4 197	53%	Mu11	8 069	4 591	57%
Mu12	6 683	3 439	51%	Mu12	6 021	2 330	39%
Mu21	7 483	3 773	50%	Mu21	6 433	2 877	45%
Mu22	5 774	2 845	49%	Mu22	5 083	1 526	30%
Mu3	6 829	1 250	18%	Mu3	5 585	3 857	69%
Mu41	6 169	2 828	46%	Mu41	5 798	2 212	38%
Mu42	6 589	3 208	49%	Mu42	5 337	890	17%
Mu5	3 677	3 677	100%	Mu5	3 689	3 689	100%
Moy.	5 531	3 615	65%	Moy.	5 118	3 118	61%
Ecart-type	1 273	1 343		Ecart-type	1 406	1 355	
Mini	3 477	1 250		Mini	2 372	890	
Maxi	7 863	6 693		Maxi	8 069	6 044	
2007	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat	2008	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat
Et11	4 578	4 215	92%	Et11	5 059	5 059	100%
Et12	7 351	4 216	57%	Et12	6 490	3 750	58%
Et5	2 630	2 630	100%	Et5	2 966	2 966	100%
Et6	2 871	2 871	100%	Et6	3 450	3 450	100%
Jo3	5 600	5 114	91%	Jo3	3 679	3 679	100%
Jo4	4 010	172	4%	Jo4	3 499	1 233	35%
Jo4bis	4 808	953	20%	Jo4bis	4 159	4 159	100%
Jo51h	6 087	4 213	69%	Jo51h	5 375	5 375	100%
Jo52b	7 077	6 572	93%	Jo52b	6 198	5 416	87%
Jo6	6 681	5 964	89%	Jo6	6 313	4 316	68%
Jo7	7 700	2 364	31%	Jo7	6 761	2 683	40%
Jo89b	7 242	7 001	97%	Jo89b	6 363	6 363	100%

Jo89ht	6 841	6 706	98%	Jo89ht	5 548	5 548	100%
Ju11	8 009	318	4%	Ju11	8 409	4 807	57%
Mu11	9 071	4 384	48%	Mu11	5 612	2 732	49%
Mu12	5 944	3 639	61%	Mu12	7 634	3 093	41%
Mu21	7 697	5 783	75%	Mu21	7 373	3 061	42%
Mu22	7 100	3 407	48%	Mu22	5 798	2 513	43%
Mu3	6 485	3 426	53%	Mu3	6 765	5 063	75%
Mu41	5 550	236	4%	Mu41	5 259	2 095	40%
Mu42	6 882	861	13%	Mu42	6 522	3 624	56%
Mu5	4 878	4 227	87%	Mu5	2 762	2 762	100%
Moy.	6 185	3 487	56%	Moy.	5 674	3 853	68%
Ecart-type	1 646	2 141		Ecart-type	1 561	1 306	
Mini	2 630	172		Mini	2 762	1 233	
Maxi	9 071	7 001		Maxi	8 409	6 363	
2009	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat	2010	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat
Et11	4 876	4 876	100%	Et11	5 068	5 068	100%
Et12	5 894	3 403	58%	Et12	6 533	6 276	96%
Et5	3 641	3 641	100%	Et5	4 784	2 623	55%
Et6	3 171	3 171	100%	Et6	3 904	3 483	89%
Jo3	3 436	3 027	88%	Jo3	3 864	3 864	100%
Jo4	3 107	2 648	85%	Jo4	3 291	2 988	91%
Jo4bis	3 512	2 701	77%	Jo4bis	5 104	5 104	100%
Jo51h	5 618	5 021	89%	Jo51h	5 322	4 814	90%
Jo52b	6 325	5 786	91%	Jo52b	6 014	3 786	63%
Jo6	5 305	4 867	92%	Jo6	5 833	5 558	95%
Jo7	5 197	4 750	91%	Jo7	6 274	5 837	93%
Jo89b	6 661	6 118	92%	Ju11	4 402	1 833	42%
Jo89ht	6 350	3 219	51%	Mu11	5 364	2 861	53%
Ju11	6 094	734	12%	Mu12	7 382	6 186	84%
Mu11	4 322	3 729	86%	Mu21	8 188	7 704	94%
Mu12	6 778	3 274	48%	Mu22	6 093	3 196	52%
Mu21	6 512	2 075	32%	Mu3	7 709	4 836	63%
Mu22	5 645	3 045	54%	Mu41	4 649	1 807	39%
Mu3	5 727	1 074	19%	Mu42	7 280	4 182	57%
Mu41	4 111	935	23%	Mu5	3 390	3 390	100%
Mu42	6 557	3 131	48%				
Mu5	3 536	3 536	100%				
Moy	5 195	3 356	65%	Moy.	5 554	4 277	77%
Ecart-type	1 277	1 446		Ecart-type	1 425	1 570	
Mini	3 107	734		Mini	3 291	1 807	

Maxi	6 778	6 118		Maxi	8 188	7 704	
2011	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat	2012	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat
Et11	5 115	4 516	88%	Et11	4 186	4 186	100%
Et12	6 933	6 933	100%	Et12	4 986	4 416	89%
Et5	5 003	5 003	100%	Et5	3 865	3 515	91%
Et6	5 618	5 618	100%	Et6	3 978	3 748	94%
Jo3	5 003	4 611	92%	Jo3	3 722	3 282	88%
Jo4	4 057	4 057	100%	Jo4	3 321	3 321	100%
Jo4bis	6 644	6 644	100%	Jo4bis	2 959	2 959	100%
Jo51h	5 245	5 245	100%	Jo51h	4 353	3 843	88%
Jo52b	7 907	7 907	100%	Jo52b	5 083	2 353	46%
Jo6	5 696	5 696	100%	Jo6	4 714	4 064	86%
Jo7	6 218	6 218	100%	Jo7	5 361	2 131	40%
Ju11	5 360	626	12%	Ju11	4 966	1 606	32%
Mu11	6 123	3 490	57%	Mu11	4 920	1 690	34%
Mu12	7 276	5 108	70%	Mu12	4 483	4 113	92%
Mu21	7 063	774	11%	Mu21	5 376	2 236	42%
Mu22	6 242	3 397	54%	Mu22	4 223	673	16%
Mu3	7 664	4 795	63%	Mu3	4 293	1 053	25%
Mu41	5 005	3 280	66%	Mu41	4 010	1 780	44%
Mu42	6 072	3 042	50%	Mu42	4 228	1 478	35%
Mu5	3 790	3 790	100%	Mu5	2 991	2 991	100%
Moy.	5 844	4 361	75%	Moy.	4 344	2 709	62%
Ecart-type	1 124	1 842		Ecart-type	711	1 145	
Mini	3 790	626		Mini	2 959	673	
Maxi	7 907	7 907		Maxi	5 376	4 416	
2013	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat	2014	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat
Et11	4 470	3 910	87%	Et11	5 353	4 781	89%
Et12	6 820	6 390	94%	Et12	4 615	4 615	100%
Et5	2 663	2 663	100%	Et5	4 275	3 894	91%
Et6	4 633	4 633	100%	Et6	5 345	4 770	89%
Jo3	5 025	4 385	87%	Jo3	4 593	4 247	92%
Jo4	4 431	3 701	84%	Jo4	3 828	3 615	94%
Jo4bis	4 351	3 701	85%	Jo4bis	4 123	4 123	100%
Jo51h	5 550	4 740	85%	Jo51h	3 803	3 661	96%
Jo52b	6 283	423	7%	Jo52b	6 092	5 834	96%
Jo6	5 815	5 017	86%	Jo6	4 112	3 729	91%
Jo7	7 088	6 228	88%	Jo7	5 367	4 784	89%
Ju11	6 767	437	6%	Ju11	5 439	1 731	32%
Mu11	7 257	6 047	83%	Mu11	5 007	2 537	51%
Mu12	6 502	2 272	35%	Mu12	6 299	3 179	50%

Mu21	8 159	3 909	48%	Mu21	5 647	3 626	64%
Mu22	6 646	1 626	24%	Mu22	5 214	1 718	33%
Mu3	6 156	1 666	27%	Mu3	5 816	4 321	74%
Mu41	5 403	4 943	91%	Mu41	5 480	2 363	43%
Mu42	6 064	1 254	21%	Mu42	5 935	3 167	53%
Mu5	3 716	3 166	85%	Mu5	3 587	3 587	100%
Moy.	5 771	3 467	60%	Moy.	5 018	3 670	73%
Ecart-type	1 354	1 831		Ecart-type	824	1 059	
Mini	2 663	423		Mini	3 587	1 718	
Maxi	8 159	6 390		Maxi	6 299	5 834	
2015	prodvalo_tot	prodvalo_pat	part_pat				
Et11	3 587	2 659	74%				
Et12	4 176	3 947	95%				
Et5	3 830	3 830	100%				
Et6	4 396	4 396	100%				
Jo3	3 107	3 107	100%				
Jo4	3 080	2 025	66%				
Jo4bis	3 033	1 935	64%				
Jo51h	4 593	3 850	84%				
Jo52b	5 879	1 164	20%				
Jo6	4 405	3 948	90%				
Jo7	3 588	2 682	75%				
Ju11	4 649	1 480	32%				
Mu11	4 817	819	17%				
Mu12	4 578	4 113	90%				
Mu21	5 812	1 862	32%				
Mu22	5 580	4 707	84%				
Mu3	5 666	1 333	24%				
Mu41	2 611	705	27%				
Mu42	3 812	1 097	29%				
Mu5	2 256	2 256	100%				
Moy.	4 220	2 637	62%				
Ecart-type	1 065	1 304					
Mini	2 256	705					
Maxi	5 879	4 707					

ANNEXE 8 : Contribution des modalités sur les 10 premières dimensions de l'AFCM

	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
A	4.992213e-04	1.246195359	1.969143e+01	0.535039328	3.11880861
AL	2.179029e+00	24.061452815	6.861544e-03	0.005688381	3.90123239
L	8.174609e+00	0.347646827	1.326565e+01	0.410794893	0.29891315
LA	1.269332e+00	10.727324633	3.689568e+00	1.874136319	0.02146021
MP	4.807795e+00	6.626128793	1.331384e+01	0.156828064	0.01231045
P	5.320510e+00	13.242084272	1.071721e+01	0.842495388	2.17699838
PP	1.322999e+01	0.174213692	6.402436e-01	1.055034188	0.98377160
H	4.368291e+00	1.274594203	1.293462e+01	2.800887547	4.08269497
PH	2.082596e+00	5.699671694	2.453540e+00	0.710893102	9.86987909
S	4.113366e-01	5.825772934	1.404031e+01	0.514796489	0.27039069
loin	5.776813e+00	9.732323475	2.193100e+00	0.081212432	1.08642459
pres	4.365683e+00	7.354962015	1.657381e+00	0.061374280	0.82103843
foin	9.348089e+00	1.644922532	3.154463e-01	4.996342273	0.54468839
no_foin	9.028496e+00	1.588685865	3.046619e-01	4.825527153	0.52606657
0_ferti	2.539471e+00	0.037842228	3.948147e-04	0.770929247	0.44423813
ferti	1.073504e+01	0.159969420	1.668989e-03	3.258928181	1.87791572
Patu_1	2.432286e+00	0.353880703	5.196164e-01	0.927168309	1.67641872
Patu_2	4.900044e+00	0.519362292	9.735961e-04	4.209237282	9.23107383
Patu_3	7.370952e-01	3.206484377	1.101412e+00	1.364292278	12.27173943
Patu_4	4.658603e+00	0.061633256	1.095007e-02	2.508457256	2.25909039
Patu_5	3.417475e+00	5.582949508	1.166125e+00	0.913040015	12.23886711
Patu_6	1.945291e-01	0.133038562	2.021868e-02	27.317448539	6.51135823
bhaDE_C	5.970884e-04	0.257354829	1.118559e-02	6.422461030	4.72659019
bhaDN_N	1.828614e-02	0.009879490	8.954897e-02	0.011339692	5.85322517
bhaEN_FN	1.532814e-03	0.009650158	1.348209e-01	5.043588989	9.13710199
bhaN_NC	1.396539e-03	0.010990958	1.100045e+00	26.943385768	2.03223648
bhaND_NC	5.718027e-04	0.110985111	6.191896e-01	1.438673575	4.02546712
	Dim 6	Dim 7	Dim 8	Dim 9	Dim 10
A	1.97661721	0.234168331	0.413979839	1.027812734	1.159517507
AL	1.14556839	0.009302504	0.044709166	0.200972735	0.347549365
L	1.57149323	0.878873457	0.496932599	6.759585022	2.745242401
LA	2.74405438	1.441522487	1.190977102	7.995152327	4.076796914
MP	0.64000371	0.418376167	0.214042692	0.043042217	0.899029865
P	0.04044969	0.139712312	0.066546802	0.347254708	1.030056508
PP	0.31024672	0.086663128	0.047304386	0.382149568	0.007507026
H	0.06715369	2.019703968	5.431509939	0.060285383	0.099961806
PH	0.63909602	5.928548186	12.633977214	0.040422104	0.244919860
S	0.51574058	0.262894781	0.307584585	0.002999667	0.006976345
loin	1.56551829	1.655655196	0.661586878	0.852501512	0.132581086
pres	1.18310161	1.251220339	0.499977870	0.644256868	0.100194866
foin	0.70158274	0.315588553	0.005389034	0.752338475	0.255310846
no_foin	0.67759701	0.304799201	0.005204793	0.726617502	0.246582270
0_ferti	0.38757870	0.238555938	1.195638476	0.599215091	0.001388728
ferti	1.63840088	1.008441012	5.054289923	2.533045610	0.005870531
Patu_1	16.81269094	2.728975811	5.315455461	10.960960184	3.710464708
Patu_2	2.90773167	8.731317003	0.836870183	0.423943347	26.906302928
Patu_3	0.86869534	18.193121590	4.399355268	13.603374590	0.751770556
Patu_4	8.18946203	15.552210899	1.535455243	2.123876721	5.193544435
Patu_5	3.87688834	2.415296112	0.152661859	10.660110500	3.551136645
Patu_6	0.43750496	0.013346108	2.549218796	0.580933314	16.347042985
bhaDE_C	9.80540456	13.136342909	16.096285295	11.385126353	2.087227085
bhaDN_N	25.38268651	7.217011510	8.099630093	5.317830509	3.473656088
bhaEN_FN	3.32141355	10.815919369	0.215032213	11.778348956	18.078585544
bhaN_NC	1.27316231	0.001163182	0.677065242	0.297495381	0.101744026
bhaND_NC	11.32015696	5.001269946	31.853319050	9.900348624	8.439039074

ANNEXE 9 : Tableau descriptif des clusters en fonction des variables étudiées

Variable	Modalités	Fréquence									
		éch. global	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8	Cluster 9
Texture horsup	A	33%	0%	42%	66%	0%	30%	44%	0%	35%	41%
	AL	19%	0%	0%	0%	100%	20%	13%	0%	22%	52%
	L	19%	100%	17%	16%	0%	20%	6%	0%	0%	0%
	LA	29%	0%	42%	19%	0%	30%	38%	100%	43%	7%
Profondeur	MP	33%	0%	67%	86%	0%	50%	44%	0%	4%	3%
	P	23%	100%	17%	0%	100%	40%	0%	0%	0%	0%
	PP	43%	0%	17%	14%	0%	10%	56%	100%	96%	97%
Hydromorphie	H	29%	36%	8%	0%	0%	0%	31%	86%	52%	48%
	PH	21%	46%	50%	22%	0%	50%	19%	14%	13%	3%
	S	50%	18%	42%	78%	100%	50%	50%	0%	35%	48%
Dist salle de traite	loin	43%	0%	25%	23%	100%	40%	44%	14%	74%	100%
	pres	57%	100%	75%	77%	0%	60%	56%	86%	26%	0%
Fertilisation	0_ferti	81%	100%	92%	97%	100%	100%	88%	68%	61%	28%
	ferti	19%	0%	8%	3%	0%	0%	13%	32%	39%	72%
Récolte de foin	foin	49%	18%	33%	23%	5%	100%	50%	71%	100%	93%
	no_foin	51%	82%	67%	77%	95%	0%	50%	29%	0%	7%
Modex pâturage	Patu_1	28%	29%	0%	50%	40%	0%	38%	32%	0%	7%
	Patu_2	13%	7%	0%	3%	0%	0%	19%	0%	100%	0%
	Patu_3	6%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%
	Patu_4	21%	7%	0%	14%	0%	0%	25%	32%	0%	83%
	Patu_5	26%	57%	0%	33%	60%	0%	13%	29%	0%	3%
	Patu_6	6%	0%	0%	0%	0%	100%	6%	4%	0%	7%
Climato bha	bhaDE_C	18%	21%	17%	23%	20%	0%	0%	18%	13%	24%
	bhaDN_N	9%	7%	0%	0%	10%	0%	100%	0%	0%	0%
	bhaEN_FN	27%	29%	42%	27%	30%	10%	0%	36%	17%	38%
	bhaN_NC	29%	32%	8%	30%	20%	90%	0%	21%	52%	21%
	bhaND_NC	17%	11%	33%	20%	20%	0%	0%	25%	17%	17%

Supercifie	G_surf	28.70%	68%	17%	16%	55%	10%	19%	0%	30%	45%
	n_surf	71.30%	32%	83%	84%	45%	90%	81%	100%	70%	55%
Déprimage	deprim	72%	57%	100%	81%	85%	80%	75%	54%	74%	59%
	n_deprim	28%	43%	0%	19%	15%	20%	25%	46%	26%	41%
Fauche de refus	0f_refus	58%	21%	67%	36%	65%	70%	69%	61%	96%	90%
	1f_refus	42%	79%	33%	64%	35%	30%	31%	39%	4%	10%
Prodvalo_tot	Prod_tot_inf	50%	29%	75%	75%	90%	60%	50%	14%	22%	31%
	Prod_tot_su p	50%	71%	25%	25%	10%	40%	50%	86%	78%	69%
Prodvalo_pat	Prod_pat_in f	50%	14%	50%	36%	55%	100%	38%	43%	78%	86%
	Prod_pat_su p	50%	86%	50%	64%	45%	0%	63%	57%	22%	14%

Prodvalo_tot_val (kgMS/ha)	Moyenne	5 283	5 822	4 809	4 700	3 894	4 955	5 052	6 393	6 126	5 707
	Ecart-type	1 383	951	1 509	1 342	867	1 593	867	1 014	1 382	994
Prodvalo_pat_val (kg MS/ha)	Moyenne	3 541	5 024	3 645	3 829	3 683	2 496	3 569	3 936	2 622	2 027
	Ecart-type	1 583	1 334	1 346	1 297	833	546	1 116	2 034	1 260	1 333

Part de pâturage dans la prod_tot	67%	86%	76%	81%	95%	50%	71%	62%	43%	36%
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ANNEXE 12 : Liste des premières variables utilisées (non finales) et leurs modalités

Variables	Modalités	Description des modalités	Part de chaque modalité dans l'échantillon global	
Caractéristiques des parcelles				
Texture horsup	A	Argileux	33%	
	AL	Argilo_limoneux	19%	
	L	Limoneux	19%	
	LA	Limono-argileux	29%	
Profondeur	PP	Peu profond (20 - 40 cm)	33%	
	MP	Moyennement profond (40 - 80 cm)	23%	
	P	Profond (> 80 cm)	43%	
Hydromorphie	H	Hydromorphe	29%	
	PH	Peu hydromorphe	21%	
	S	Sain	50%	
Superficie	n_surf	surface < 2ha	71.30%	
	G_surf	surface > 2ha	28.70%	
Dist salle de traite	Loin	> 500 m de la salle de traite	43%	
	Pres	< 500 m de la salle de traite	57%	
Mode d'exploitation				
Fertilisation	Type	F	Fumier	58%
		C	Fumier composte	36%
		L	Lisier	6%
	Dose	0	Pas d'épandage	81%
		1	Doses épandues inférieures aux médianes de l'échantillon total des parcelles fertilisées (égales à 11.5 t/ha de composte, 10,3 t/ha de fumier et 23,2 t/ha de lisier)	10%
		2	Doses épandues supérieures aux médianes de l'échantillon total des parcelles fertilisées (égales à 11.5 t/ha de composte, 10,3 t/ha de fumier et 23,2 t/ha de lisier)	9%
	Date	E	Epannage en été	1%
		A	Epannage en automne de l'année précédente	8%
		H	Epannage en début d'hiver	6%
		M	Plusieurs dates d'épandage	4%
R		Pas d'épandage	81%	
Mode d'exploitati	Printemps	P_0,0	Indicateur du printemps (P_), de l'été (E_) ou de l'automne (A_) suivi de :	6%
		P_0,1		2%

on		P_1,0	Nombre de passages de pâturage, Nombre de fauche (hors fauches de refus)	37%
		P_1,1		4%
		P_2,1		1%
		P_2+,0		51%
	Été	E_0,1		11%
		E_0,2		5%
		E_1,0		30%
		E_1,1		25%
		E_1,2		0%
		E_2,1		3%
	Automne	E_2+,0		26%
		A_0,0		0%
		A_1,0		24%
		A_1,1		3%
		A_2,1		1%
		A_2+,0		71%
Fauche de refus		0f_refus	Pas de fauche de refus	58%
		1f_refus	1 fauche de refus ou broyage de la surface totale de la parcelle	36%
	2f_refus	2 fauche de refus ou broyage de la surface totale de la parcelle	6%	
Déprimage	n_deprim	parcelle non déprimée	27.83%	
	deprim	parcelle déprimée	72.17%	
Données climatiques				
Climatologie*	pN_tCN	Caractérisation des précipitations printanières : pN = "normal", pS = "sec", pH = "humide". Suivi d'une caractérisation des températures au printemps et en été : tN = "normales", tC = "chaudes", tF = "froides"	37%	
	pN_tC		10%	
	pS_tC		9%	
	pS_tNF		17%	
	pH_tN		19%	
	pH_tF		9%	
Production valorisée des prairies	Prod_val_prtps	NoProd_prtps	Pas de production valorisée au printemps	6%
		Prod_prtps_s_inf	Niveau de production valorisée inférieur à la médiane de l'échantillon total	47%
	Prod_prtps_s_sup	Niveau de production valorisée supérieur à la médiane de l'échantillon total	47%	
	Prod_val_ete	Prod_ete_inf	Niveau de production valorisée inférieur à la médiane de l'échantillon total	50%

Prod_val_ aut	Prod_ete_ sup	Niveau de production valorisée supérieur à la médiane de l'échantillon total	50%
	NoProd_a ut	Pas de production valorisée à l'automne	1%
	Prod_aut_i nf	Niveau de production valorisée	49%
	Prod_aut_ sup	Niveau de production valorisée inférieur à la médiane de l'échantillon total	50%