



istom

**ISTOM**

**École Supérieure d'Agro-Développement International**

4, rue Joseph Lakanal, 49 000 ANGERS  
Tél. : 02 53 61 84 60    istom@istom.fr



## Mémoire de fin d'études

Évaluation de la variation de la densité de l'herbe pour mieux connaître la croissance des fourrages en vue d'améliorer le suivi et le conseil agricole de l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe à la Réunion



Aurélié BOYER effectuant le suivi hauteur d'herbe de l'Observatoire avec un herbomètre (Justine TEXIER)

**TEXIER Justine**  
Promotion 106

Stage effectué à Saint Pierre, Ile de la Réunion  
du 01/07/2020 au 15/12/2020  
au sein du : CIRAD Ligne Paradis

Maître de stage : TILLARD Emmanuel  
Co-encadrante : MIRALLES-BRUNEAU Maéva  
Tuteur pédagogique : PAILLAT Jean-Marie

Mémoire de fin d'études soutenu en février 2021

## RÉSUMÉ

**RÉSUMÉ** - La Réunion possède un climat tropical humide favorable à l'exploitation fourragère tout au long de l'année. Cependant, deux saisons se distinguent : la saison sèche, de mai à octobre et la saison des pluies, de novembre à avril. Cela a pour conséquence un important déséquilibre fourrager avec un excédent puis un manque d'herbe, où un apport d'ensilage est nécessaire. Ainsi, les éleveurs doivent faire preuve d'une grande réactivité pour la gestion de leurs pâturages afin d'assurer une bonne productivité. Pour tenter de résoudre ce problème, un Observatoire de la pousse de l'herbe a été mis en place à la Réunion fin 2017 par l'Association Réunionnaise de Pastoralisme et le CIRAD. Cet outil vise à comprendre les dynamiques de pousse de l'herbe au fil des saisons afin d'adapter les conseils de gestion des zones pâturées aux éleveurs. En connaissant le stock d'herbe présent et la croissance de l'herbe à venir on pourrait anticiper l'évolution de celle-ci, facilitant ainsi la prise de décision. Ces deux indicateurs, basés sur des mesures de hauteur d'herbe, nécessitent de connaître la densité de l'herbe afin de convertir la hauteur d'herbe mesurée en biomasse. Jusqu'à présent, l'ARP utilisait une densité annuelle par exploitation pour prédire la croissance. Afin de proposer un conseil aux éleveurs plus adapté à la réalité du terrain, cette étude présente les différents facteurs de variations influençant la densité de l'herbe. L'analyse s'appuie sur des mesures réalisées de 2017 à 2020 dans dix exploitations bovines situées dans les trois principales zones fourragères de l'île. Les prairies réunionnaises sont composées de graminées tropicales et tempérées avec en majorité du kikuyu. Cette graminée tropicale a pour particularité de former des racines sous terre ainsi qu'en surface (stolons), appelé tapis. Les interactions entre les différents facteurs révèlent les résultats suivants : la densité de l'herbe est influencée par le mois, le tapis de stolons, la hauteur d'herbe et le taux de matière sèche. La densité moyenne est de 325 kg de MS/ha/cm et cette dernière diminue fortement avec l'arrivée des pluies. Un lien entre la hauteur de l'herbe et le taux de matière sèche a également été mis en avant. Plus la hauteur d'herbe augmente et plus la teneur en matière sèche est faible. Enfin, la création d'un modèle statistique a conduit à l'élaboration d'une table abaque de densité variant selon les facteurs retenus ci-dessus (mois, tapis, hauteur, matière sèche). Cette grille de densité va permettre à l'ARP de changer leur mode de calcul et ainsi fournir une meilleure évaluation du stock d'herbe disponible et de la croissance de l'herbe. Ces changements se traduiront par un conseil agricole plus adapté avec un découpage de l'année en plusieurs « saisons pratiques » ainsi que des chargements et des rotations adaptés.

**Mots clés** : île de la Réunion, observatoire, densité de l'herbe, croissance, hauteur d'herbe, gestion du pâturage, élevage bovin, kikuyu, conseil agricole, table abaque.

**SUMMARY** - Reunion Island has a humid tropical climate favorable to forage exploitation throughout the year. However, two seasons stand out: the dry season, from May to October and the rainy season, from November to April. This results in an important fodder imbalance with a surplus then a lack of grass where silage is necessary. Thus, farmers must be very responsive in managing their pastures to ensure good productivity. To try to solve this problem, a Grass Growth Observatory was set up in Reunion at the end of 2017 by the Reunionese Pastoralism Association and CIRAD. This tool aims to understand the dynamics of grass growth over the seasons in order to adapt the management advice of grazed areas to livestock breeders. By knowing the present grass stock and the future growth of the grass we could anticipate the evolution of the grass, thus facilitating decision making. These two indicators, based on grass height measurements, require knowledge of grass density in order to convert the measured grass height into biomass. Until now, PRA has used an annual density per farm to predict growth. In order to offer advice to farmers more adapted to the reality of the field, this study presents the different variation factors influencing grass density. The analysis is based on measurements carried out from 2017 to 2020 on ten cattle farms located in the island's three main forage zones. Reunion's grasslands are composed of tropical and temperate grasses. Kikuyu is found on 70% of the prairie surfaces and this tropical grass has the particularity of forming roots underground as well as on the surface (runners), called mats.

The interactions between the different factors reveal the following results: the density of the grass is influenced by the month, the runner mat, the height of the grass and the dry matter content. The average

density is 325 kg DM/ha/cm and this decreases sharply with the arrival of the rains. A link between grass height and dry matter content was also highlighted. The higher the grass height increases, the lower the dry matter content. Finally, the creation of a statistical model led to the development of an abacus table of density varying according to the factors retained above (month, mat, height, dry matter). This density grid will allow the PRA to change their method of calculation and thus provide a better evaluation of the available grass stock and grass growth. These changes will result in more adapted agricultural advice with a division of the year into several "practical seasons" with adapted loads and rotations.

**Keywords** : Reunion island, observatory, grass density, growth, grass height, grazing management, climate forecasts, simulation models, kikuyu, agricultural council, abacus table.

**RESUMEN** - La Isla de la Reunión tiene un clima tropical húmedo favorable a la explotación de forraje durante todo el año. Sin embargo, se distinguen dos estaciones: la seca, de mayo a octubre, y la lluviosa, de noviembre a abril. Esto da lugar a un importante desequilibrio de forraje con un excedente y luego una falta de hierba donde es necesario un aporte de ensilado. Por consiguiente, los ganaderos deben ser muy sensibles a la gestión de sus pastos para garantizar una buena productividad. Para tratar de resolver este problema, la Asociación Reunionense de Pastoreo y el CIRAD crearon a finales de 2017 un Observatorio del Crecimiento de la Hierba en Reunión. Esta herramienta tiene por objeto comprender la dinámica del crecimiento de la hierba a lo largo de las estaciones para adaptar los consejos de gestión de las zonas de pastoreo a los criadores de ganado. Conociendo las existencias actuales de hierba y el futuro crecimiento de la misma, podríamos anticipar su evolución, facilitando así la toma de decisiones. Estos dos indicadores, basados en las mediciones de la altura del pasto, requieren el conocimiento de la densidad del pasto para convertir la altura medida del pasto en biomasa. Hasta ahora, el ARP ha usado una densidad anual por granja para predecir el crecimiento. Con el fin de ofrecer a los agricultores un asesoramiento mejor adaptado a la realidad del terreno, este estudio presenta los diferentes factores de variación que influyen en la densidad de la hierba. El análisis se basa en las mediciones realizadas entre 2017 y 2020 en diez explotaciones ganaderas situadas en las tres principales zonas forrajeras de la isla. Las praderas de Reunión están compuestas por pastos tropicales y templados. El Kikuyu se encuentra en el 70% de las superficies de las praderas y esta hierba tropical tiene la particularidad de formar raíces tanto en el subsuelo como en la superficie (corredores), llamadas esteras.

Las interacciones entre los diferentes factores revelan los siguientes resultados: la densidad de la hierba está influenciada por el mes, la estera del corredor, la altura de la hierba y el contenido de materia seca. La densidad media es de 325 kg DM/ha/cm, y esta disminuye bruscamente con la llegada de las lluvias. También se destacó un vínculo entre la altura de la hierba y el contenido de materia seca. Cuanto mayor sea la altura del pasto, menor será el contenido de materia seca. Por último, la creación de un modelo estadístico condujo a la elaboración de una tabla de ábacos con una densidad que varía según los factores retenidos anteriormente (mes, estera, altura, materia seca). Esta cuadrícula de densidad permitirá que el ARP cambie su método de cálculo y, por lo tanto, proporcione una mejor evaluación de las existencias de hierba y el crecimiento de la misma. Estos cambios darán lugar a un asesoramiento agrícola más adaptado con una división del año en varias "temporadas prácticas" con carga y rotaciones adaptadas.

**Palabras clave** : Isla de la Reunión, observatorio, densidad de pastos, crecimiento, altura de los pastos, ordenación de los pastos, cría de ganado, kikuyu, asesoramiento agrícola, tabla de ábacos.

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	1
TABLE DES MATIÈRES	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	6
REMERCIEMENTS	7
INTRODUCTION	8
LE PROJET DANS SON CONTEXTE	10
I.    État de l'art	10
A.    Contexte économique, géomorphologique et pédoclimatique	10
B.    Contexte socio-économique de l'élevage	13
•    Typologie des exploitations bovines réunionnaises	13
•    Place des filières locales dans le marché réunionnais	13
C.    Les dynamiques de pousse de l'herbe à la Réunion	15
•    Présentation des fourrages réunionnais	15
•    Les facteurs de variations	17
•    Les indicateurs utilisés pour le conseil agricole	18
II.   Présentation des acteurs et du projet	19
A.    Principaux partenaires du projet	19
B.    Le projet ECLIPSE	20
C.    Historique du projet	21
III.  L'Observatoire de l'herbe	21
•    Principes	21
•    Objectifs, activité et enjeux de l'Observatoire	22
•    Calendrier du projet	22
•    Problématique	23
MÉTHODOLOGIE	24
I.    Description des méthodes	24
II.   Récolte de données	24
A.    Types de données	24
B.    Le suivi terrain (données quantitatives et qualitatives)	25
•    Zone d'étude	25
•    Choix des exploitations étudiées	26
•    Choix des parcelles étudiées	29
•    Mode opératoire de récolte de données	29
•    Conditions de validité des mesures	32

• Enregistrement des données	32
• Les principes de calcul	33
C. Les entretiens (données émiques et étiques)	34
III. Analyse de données	35
A. Traitement de la base de données	35
B. Description des différents facteurs	37
C. Modélisation statistique	40
D. Hypothèse de l'étude	42
RÉSULTATS	43
I. Densité	43
II. Hauteur d'herbe et taux de MS	44
III. Profil général de la variation de la densité de l'herbe	46
A. Profil détaillé de la variation de la densité de l'herbe par facteur	47
IV. Table des densités de l'herbe	59
V. Croissance	64
A. Validation des données	64
B. Profil de la croissance de l'herbe	66
VI. Conseil agricole dans le cadre de l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe	68
DISCUSSION	70
I. Les facteurs impactant la densité de l'herbe	70
A. La variation intra-annuelle par zone	70
B. La relation hauteur d'herbe et taux de matière sèche	71
C. La variation causée par le tapis de kikuyu	71
II. Le modèle statistique	73
A. Les croissances	73
B. Les facteurs non pris en compte dans l'étude	74
CONCLUSION	75
TABLE DES ANNEXES	77
ANNEXES	78
BIBLIOGRAPHIE	88

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## Table des figures

<b>Figure 1.</b> Cartographie des zones pastorales sur l'île de la Réunion (Lagabriele, 2003). .....	10
<b>Figure 2.</b> Carte annuelle des précipitations en 2019 sur l'île de La Réunion (Météo France, 2020). .....	11
<b>Figure 3.</b> Graphe de la répartition des températures sur l'île selon l'altitude (Météo France, 2005). .....	11
<b>Figure 4.</b> Graphe de la production fourragère à la Plaine des Cafres selon la saison (Barbet-Massin <i>et al.</i> , 2011). .....	12
<b>Figure 5.</b> Graphe de la répartition des espèces fourragères sur l'île selon les conditions du milieu (Grimaud et Thomas, 2002). .....	15
<b>Figure 6.</b> Carte des 11 petites régions fourragères de l'île de la Réunion (ARP). .....	25
<b>Figure 7.</b> Carte des 3 grandes régions pâturantes suivies dans le cadre de l'Observatoire (ARP). .....	26
<b>Figure 8.</b> Carte localisant les parcelles de l'Observatoire de la pousse de l'herbe. ....	27
<b>Figure 9.</b> Boîte à moustache des hauteurs d'herbe en entrée et en sortie, avant et après nettoyage de la base de données. ....	36
<b>Figure 10.</b> Histogramme des effectifs de densité. ....	37
<b>Figure 11.</b> Analyse en Composantes Principales pour déterminer les catégories de couverts végétaux des 9 exploitations. ....	39
<b>Figure 12.</b> Histogrammes des densités après nettoyage des données. ....	43
<b>Figure 13.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction du taux de matière sèche. ....	44
<b>Figure 14.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la hauteur d'herbe. ....	45
<b>Figure 15.</b> Écarts de densité entre les différentes modalités de chaque facteur. ....	46
<b>Figure 16.</b> Évolution de la densité mensuelle de l'herbe par année. ....	47
<b>Figure 17.</b> Plan d'observation en octobre 2018. ....	48
<b>Figure 18.</b> Évolution de la densité mensuelle de l'herbe selon la zone. ....	49
<b>Figure 19.</b> Évolution de la densité mensuelle de l'herbe en fonction de la présence d'un tapis de kikuyu ou non. ....	50
<b>Figure 20.</b> Évolution de la densité mensuelle de l'herbe en fonction du type de couvert herbacé. ....	52
<b>Figure 21.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la hauteur de l'herbe par catégories de taux de matière sèche. ....	54
<b>Figure 22.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la pluviométrie par zone. ....	55
<b>Figure 23.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la température moyenne par zone. ....	56
<b>Figure 24.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la pluviométrie par type de couvert herbacé. ....	57
<b>Figure 25.</b> Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la température moyenne par type de couvert herbacé. ....	58
<b>Figure 26.</b> Prédiction par le modèle statistique du taux de matière sèche mensuel. ....	60
<b>Figure 27.</b> Prédiction par le modèle du taux de matière sèche mensuel par zone. ....	61
<b>Figure 28.</b> Prédiction par le modèle du taux de matière sèche mensuel par exploitation. ....	61
<b>Figure 29.</b> Graphique des résidus des densités de l'herbe prédites. ....	62
<b>Figure 30.</b> Répartition des densités de l'herbe moyennes des exploitations et des parcelles. ....	62
<b>Figure 31.</b> Évolution des croissances mensuelles de l'herbe par année. ....	66
<b>Figure 32.</b> Évolution de la croissance de l'herbe. ....	67

## Table des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Principales espèces fourragères cultivées sur les exploitations du projet (ARP, 2018). ....	16
<b>Tableau 2.</b> Caractéristiques des exploitations étudiées dans le cadre de l'Observatoire de la pousse de l'herbe. ....	28
<b>Tableau 3.</b> Détails des différentes étapes composant la mise en forme de la base de données de l'Observatoire. ....	35
<b>Tableau 4.</b> Composantes du facteur zone. ....	37
<b>Tableau 5.</b> Densité de l'herbe en fonction de la proportion de kikuyu dans le couvert herbacé. ....	38
<b>Tableau 6.</b> Densité de l'herbe en fonction des graminées tempérées dans le couvert herbacé. ....	38
<b>Tableau 7.</b> Nombre de données de densités valides pour l'analyse par mois et par année. ....	40
<b>Tableau 8.</b> Récapitulatif des variables et de leurs modalités. ....	41
<b>Tableau 9.</b> Effectifs des trois groupes du taux de matière sèche. ....	44
<b>Tableau 10.</b> Effectifs des groupes de hauteur d'herbe. ....	45
<b>Tableau 11.</b> Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la zone. ....	49
<b>Tableau 13.</b> Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la présence d'un tapis de kikuyu. ....	50
<b>Tableau 12.</b> Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la proportion de kikuyu dans le couvert herbacé. ....	51
<b>Tableau 14.</b> Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la teneur en matière sèche. ....	53
<b>Tableau 15.</b> Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la hauteur d'herbe. ....	53
<b>Tableau 17.</b> Table de densité mensuelle moyenne en fonction du tapis, de la hauteur d'herbe et du taux de matière sèche. ....	59
<b>Tableau 18.</b> Détails des différentes étapes composant la mise en forme de la base de données croissance. ....	64
<b>Tableau 19.</b> Densités utilisées par l'ARP par exploitations. ....	65

## LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

%	▸ Pourcentage
°C	▸ Degré Celsius
Δ	▸ Différence entre deux mesures
ACP	▸ Analyse en Composantes Principales
AFP	▸ Associations Foncières Pastorales
ARChE_Net	▸ Adaptation des systèmes d'élevage de Ruminants aux Changements Environnementaux (réseau)
ARP	▸ Association Réunionnaise de Pastoralisme
BOS	▸ Base d'Occupation des Sols
BTS	▸ Brevet de Technicien Supérieur
CEC	▸ Capacité d'Echange Cationique
CIRAD	▸ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
cm	▸ Centimètre
DAAF	▸ Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt
DROM	▸ Département et Région d'Outre-Mer
ECLIPSE	▸ Emerging Crop Livestock Production System adapted to a changing Environment
etc	▸ <i>et cetera</i>
FAST	▸ Forage Adaptation Selection Tool
FEADER	▸ Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
g	▸ Gramme
GPS	▸ Global Positioning System
ha	▸ hectare
IEDOM	▸ Institut d'Emission des Départements d'Outre-Mer
INRAE	▸ Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement
INSEE	▸ Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
kg	▸ Kilogramme
LASER	▸ Logiciel d'Aide au Suivi des Élevages de Ruminants
m	▸ Mètre
MAT	▸ Matière Azotée Totale
mm	▸ Millimètre
MO	▸ Matière Organique
MS	▸ Matière Sèche
NDVI	▸ Normalized Difference Vegetation Index
ODEADOM	▸ Office de Développement de l'Économie Agricole D'Outre-Mer.
ODH	▸ Observatoire de la pousse De l'Herbe
PDR	▸ Plan de Développement Rural
PIB	▸ Produit Intérieur Brut
PréRad	▸ Plateforme régionale en Recherche agronomique pour le développement dans l'océan Indien
RITA	▸ Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole
RMT	▸ Réseau Mixte Technologique
SICALAIT	▸ Société d'Intérêt Collectif Agricole LAIT
SPIR	▸ Spectrométrie dans le Proche Infra-Rouge
TAF	▸ Travaux d'Aménagement Foncier

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier le CIRAD et l'ARP pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer mon stage de fin d'études au sein de leur structure.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mes deux encadrants de stage, Emmanuel TILLARD, chercheur et coordinateur responsable du projet ECLIPSE au CIRAD, ainsi que Maéva MIRALLES-BRUNEAU, agent de l'ARP, pour leur disponibilité et l'ensemble des connaissances transmises lors de ce stage.

Je tiens à remercier mon tuteur de mémoire, Jean-Marie PAILLAT, pour son suivi tout au long du stage.

Je souhaite remercier plus particulièrement mon maître de stage Emmanuel TILLARD ainsi que mes amis Louis-Axel EDOUARD RAMBAUT et Lucas HUE pour leur aide en statistique, leur soutien lors de la rédaction de ce mémoire et leur patience.

Je tiens à remercier les dix éleveurs suivis par l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe sans qui ce projet et ce stage ne pourraient avoir lieu. Leur bienveillance et leur disponibilité m'ont permis d'échanger longuement sur le métier d'éleveur de bovins. Plus particulièrement, merci à Richard CORRE qui m'a ouvert son exploitation sur laquelle j'ai pu effectuer mon suivi terrain pour l'Observatoire pendant les six mois de stage et avec qui j'ai beaucoup échangé.

Je tiens également à remercier Emmanuel LEGENDRE pour son accueil au sein de l'ARP et de son équipe. De même, je remercie Yoann PELLIER et Aurélie BOYER pour leur aide lors de la prospection des fermes pour l'Observatoire, pour la mise en relation avec les éleveurs, pour la transmission de connaissances, de leur passion du métier et de l'île.

Je remercie également Jean-Philippe CHOISI pour sa bonne humeur constante et son expertise dans le conseil agricole.

Merci à Gisèle MOREL et André HOARAU pour leur accueil sur le site du CIRAD de Ligne Paradis.

Je souhaite remercier toute l'équipe pédagogique de l'Istom et les intervenants professionnels responsables de ma formation pendant ces cinq années d'études. Je remercie également l'ISA de Lille pour m'avoir permis d'effectuer ma dernière année d'étude au sein du domaine d'approfondissement AgriSmart.

Enfin, un grand merci à mes supers colocos, stagiaires du CIRAD, l'ancienne génération que j'ai rejoint après le confinement et la nouvelle avec qui j'ai fini mon stage : Elisa, Mathis, Antoine, Nora, Lucas, Laeticia, Mélina, Charline, Ludovic, Edouard, Roxane, Nato et Camille.

J'apporte aussi mes remerciements à mes copines d'école, qui depuis cinq ans ont toujours été là pour moi : Laura, Halona, Mallau et Bleuenn. Merci pour votre soutien et tous ces bons moments passés.

## INTRODUCTION

La Réunion possède un climat tropical humide caractérisé par deux saisons, l'hiver austral de mai à octobre, appelé communément saison fraîche ou saison sèche et l'été austral de novembre à avril, dit saison chaude ou saison des pluies. Les précipitations sont un phénomène météorologique remarquable sur l'île avec une grande dissymétrie entre l'Est et l'Ouest, rendant ce lieu intéressant pour la recherche agronomique.

D'une superficie de 250 370 hectares (ha), l'île est constituée de trois principales zones pastorales : les « Hauts de l'Ouest », la Plaine des Cafres et la Plaine des Palmistes (Blanfort *et al.*, 2000). La Plaine des Palmistes se situant sur la côte au vent, bénéficie de précipitations toute l'année avec des chiffres records en saison des pluies et une moyenne annuelle de 4 000 à 6 000 millimètres (mm). La Plaine des Cafres, à la limite de la façade au vent, est caractérisée par une saison très pluvieuse, avec une moyenne annuelle de 2 000 à 4 000 mm, au cours de laquelle la pluviosité est régulière en altitude et rarement inférieure à 200 mm par mois. Les Hauts de l'Ouest, étant localisés sur la façade sous le vent enregistrent entre deux et trois mois de sécheresse comparé à 8 mois pour la zone littorale ouest (Météo France, 2019 ; Raunet, 1991). Ajoutant à cela une température annuelle douce, le climat est favorable à l'exploitation fourragère sur toute l'île et toute l'année. De plus, face à un relief important, les espèces occupant les prairies réunionnaises varient selon les différents microclimats rencontrés, avec à la fois des graminées tropicales et des graminées tempérées.

Salette et Lemaire (1982) soumettent dans leurs travaux l'idée que les conditions climatiques pourraient être la cause principale de la variabilité interannuelle des productions fourragères, pouvant, de manière générale, aller quasiment du simple au triple. À la Réunion, ces dernières années, des épisodes climatiques atypiques (épisodes de sécheresses et de fortes pluies), ont mis en avant une autonomie fourragère fragile pour une majorité des élevages bovins réunionnais (Blanfort *et al.*, 2000). À trois reprises l'importation de fourrages depuis la métropole a permis de pallier ce manque. Néanmoins d'un point de vue financier et environnemental cette option ne peut être une alternative viable à long terme. Aujourd'hui, le principal enjeu du secteur est d'améliorer le taux d'autosuffisance de l'île et de créer un développement économique viable de la filière élevage (Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF), 2016). Une "analyse prospective de la production fourragère" réalisée en 2016 (Leleux, 2016) évoque une sous valorisation des prairies, et des dysfonctionnements dans l'anticipation et la gestion des stocks d'herbes conservés (foin, ensilage, paille) pour la basse saison de production fourragère (de juin à octobre) correspondant à l'hiver austral. En effet, c'est lors de cette période que les températures en altitude diminuent fortement tout comme la pluviométrie, ce qui entraîne un ralentissement considérablement de la pousse des graminées. De plus, l'herbe est sous valorisée en grande partie en raison d'un manque de connaissances sur le cycle de la pousse de l'herbe au cours de l'année, et sa variabilité dans les différents secteurs fourragers de l'île (Delaby, 2014).

Pour y remédier, l'Association Réunionnaise de Pastoralisme (ARP) et le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) ont mis en place un Observatoire de la pousse de l'herbe en 2017. Ce projet s'inscrit dans le Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole (RITA) Animal qui vise à accompagner le développement local des productions animales à la Réunion. Cet observatoire a pour objectifs de : (1) évaluer la croissance de l'herbe tout au long de l'année dans les trois principaux secteurs de pâturages de l'île et (2) fournir un conseil adapté aux éleveurs pour la gestion de leurs prairies pâturées. Pour se faire, un suivi hebdomadaire de parcelles de références, représentatives de la variabilité des conditions pédoclimatiques de l'île, a été mis en place. Il permet d'observer et d'enregistrer

un ensemble d'indicateurs de la pousse de l'herbe (hauteur du couvert, composition floristique du couvert, valeur alimentaire de l'herbe), dans les différentes zones fourragères de l'île.

La densité de couvert va jouer un rôle important qu'il est nécessaire de prendre en compte (Archimède *et al.*, 2009). Mesurer la densité d'un couvert permet, d'une part, d'estimer le stock d'herbe (en tonne de Matière Sèche (MS) par ha) présent à un moment donné. Elle se base sur des mesures de hauteur d'herbe (en centimètre) et de prélèvement de biomasse (en kilogramme (kg) de MS par ha). À la Réunion, la pousse de l'herbe étant très différente entre saisons, il est utile de connaître la densité mensuelle afin d'anticiper la gestion de l'exploitation et ainsi éviter les pénuries de fourrages. Actuellement, les Observatoires (métropolitains ou réunionnais) utilisent une densité moyenne annuelle pour calculer la croissance de l'herbe et le nombre de jours d'avance disponibles sur la parcelle (Defrance, 2004). Cependant, le constat est le suivant : les prédictions obtenues ne concordent pas avec le fonctionnement de l'éleveur.

De plus, Delaby met en exergue le fait que le conseil en élevage et le suivi des élevages est très morcelé avec de nombreux organismes que ce soit sur l'île de la Réunion ou ailleurs. La multiplicité des acteurs et des sources de conseil augmente le risque de dilution des informations et de confusion, au-delà de la perte de temps et de moyens. Il ajoute que "l'acquisition et la disponibilité de références techniques solides tant au niveau des conduites des troupeaux que des fourrages reste partielle et peu synthétisée, malgré des efforts et une volonté affichée indéniables". Le résultat étant, "face à une demande peu exprimée, la diffusion n'est pas toujours claire, reste disparate et semble parfois imprécise, entachée de questionnements et d'incertitudes de la part de ceux qui ont à les prodiguer" (Delaby, 2014). C'est pourquoi, lors de ce stage les moyens de communication mis en place par l'ARP pour le conseil agricole ont été étudiés.

Ainsi, cette étude clôturera la phase expérimentale du projet mise en place par l'Observatoire. En faisant un bilan général du projet, il sera possible prochainement de réorienter ou simplement réajuster les actions menées dans la gestion des pâturages et le conseil agricole.

Les objectifs et les résultats attendus sont :

- (1) d'identifier des facteurs de variation de la densité de l'herbe pour créer les premières tables de références de densité et de croissance d'herbe moyenne mensuelle ;
- (2) d'analyser la transmission des indicateurs pertinents aux éleveurs pour formuler des pistes d'améliorations pour la suite ;
- (3) de connaître la vision des agriculteurs sur le projet pour améliorer le suivi et le conseil.

# LE PROJET DANS SON CONTEXTE

## I. État de l'art

### A. Contexte économique, géomorphologique et pédoclimatique

La Réunion est une île volcanique de point chaud située dans l'océan Indien, à l'est de Madagascar. Ancienne colonie, la Réunion a intégré les Département et Région d'Outre-Mer (DROM) français en 1946. Sa population est d'environ 850 000 habitants en 2017 et sa croissance démographique est de 0,5% par an en moyenne (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE), 2020). L'agriculture et l'agroalimentaire occupent 3% du Produit Intérieur Brut (PIB) réunionnais ce qui est comparable au niveau national (3,4% en 2007). L'industrie agroalimentaire représente 38% du Chiffre d'Affaires de l'île et 32% des emplois. Le secteur agricole quant à lui emploie plus de 6% de la population active (DAAF, n. d.).

L'île se compose de deux massifs volcaniques : le Piton des Neiges, point culminant (3 071 mètres d'altitude) éteint depuis 12 000 ans, est à l'origine de la création des deux tiers de l'île et le Piton de la Fournaise, volcan actif (2 632 mètres d'altitude) couvre près d'un tiers de la surface de l'île. À la suite d'effondrements tectoniques et d'érosions, trois cirques sont apparus sur les flancs du Piton des Neiges : Salazie au nord-est, Cilaos au sud et Mafate au nord-ouest).

Les 4 grandes "zones herbagères" sont situées dans les « hauts » de l'île au-delà de 500 mètres d'altitude :

- Les « Hauts de l'Ouest » ;
- La Plaine des Cafres ;
- La Plaine des Palmistes ;
- Les « Hauts » de Saint-Joseph.

Enfin, il est important de souligner que 42% de l'île est occupée par le Parc National de la Réunion, et protégé.

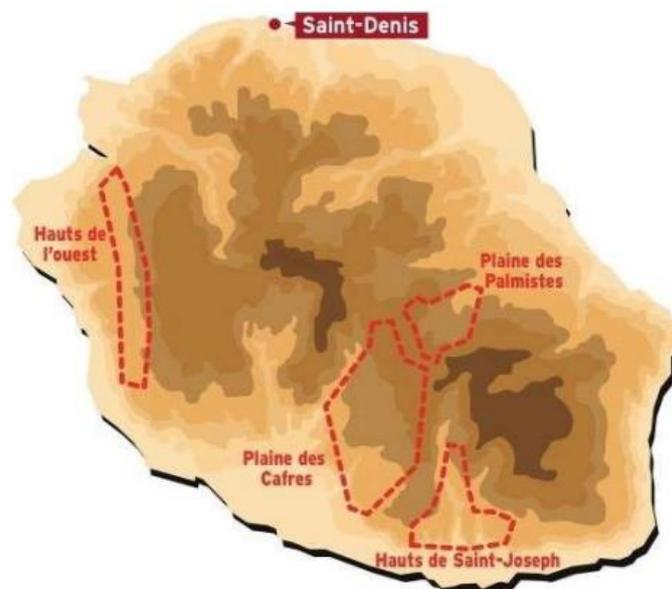


Figure 1. Cartographie des zones pastorales sur l'île de la Réunion (Lagabrielle, 2003).

L'altitude et les reliefs ont un impact sur le climat et la météorologie de l'île. La Réunion possède une côte au vent à l'est et une côte sous le vent à l'ouest ce qui rend la pluviométrie très inégale (Figure 2). Deux saisons marquent l'année : l'hiver austral ou "saison sèche" de mai à octobre avec des températures douces et l'été austral ou "saison des pluies" de novembre à avril avec des températures plus élevées et une très forte humidité. Cette saison marque la période des cyclones.

Située en zone tropicale, l'ensoleillement est important et varie selon les saisons. La présence d'un massif montagneux élevé accentue les différentiels thermiques et pluviométriques. Atténuée par l'océan, la température sur la côte varie entre 18 et 31°C. En revanche, en altitude elle peut chuter à 4°C et dépasse rarement les 25°C (Aouriri *et al.*, 2019).

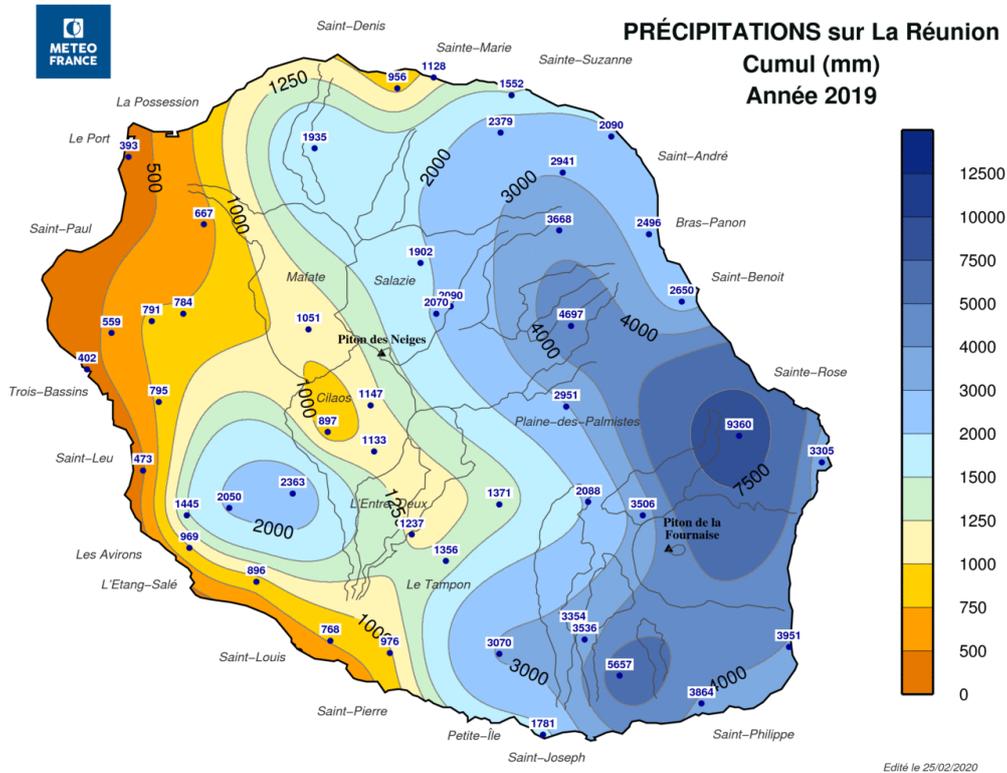


Figure 2. Carte annuelle des précipitations en 2019 sur l'île de La Réunion (Météo France, 2020).

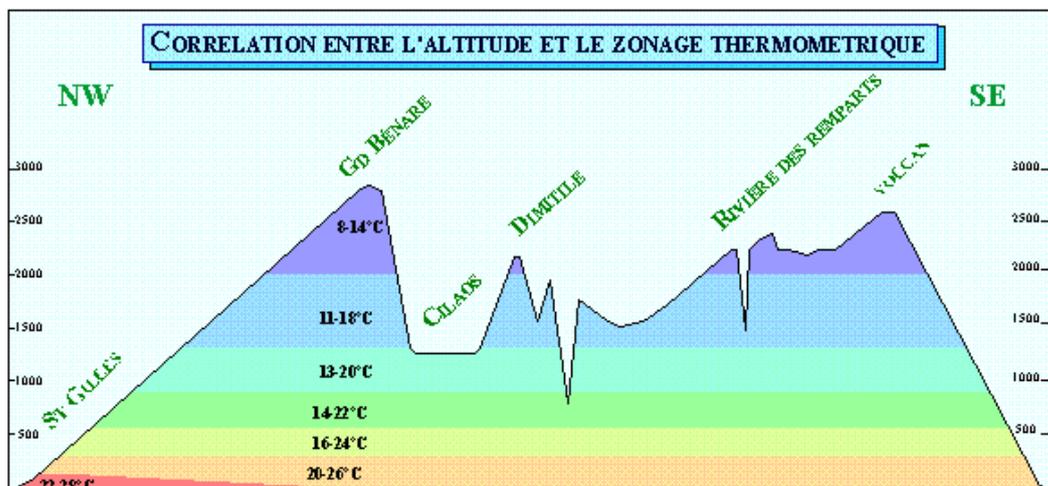


Figure 3. Graphe de la répartition des températures sur l'île selon l'altitude (Météo France, 2005).

Contrairement à ce que l'on observe en métropole, ces conditions pédoclimatiques permettent une croissance de l'herbe tout au long de l'année. Cependant, un infléchissement de la production de fourrage peut être observé pendant l'hiver froid et sec qui se déroule de juin à octobre. Ainsi, les variations climatiques entraînent un excédent de fourrage en saison chaude et/ou un déficit en saison fraîche, plus ou moins marqué selon les années (Barbet-Massin *et al.*, 2011).

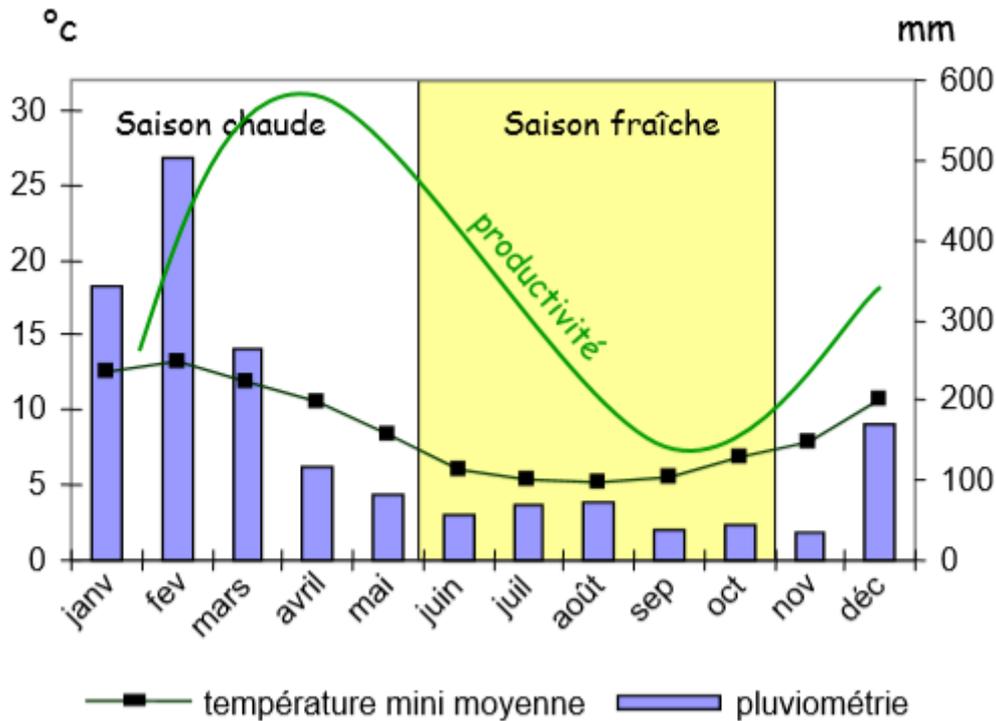


Figure 4. Graphe de la production fourragère à la Plaine des Cafres selon la saison (Barbet-Massin *et al.*, 2011).

Dans les périodes de pénurie fourragère, les rations sont souvent complétées par l'achat de paille de canne, de bagasse (sous-produit de la canne à sucre) ou de foin.

C'est dans ce cadre qu'un Observatoire de la Pousse de l'Herbe a été mis en place à la Réunion. Ce dernier a pour objectif d'étudier les dynamiques de la pousse de l'herbe, de manière à conseiller au mieux les éleveurs sur leur façon de gérer leur stock d'herbe. Ainsi, le souhait serait de réduire les compléments importés de métropole dans les élevages réunionnais. Le principe d'un Observatoire sera développé par la suite.

## B. Contexte socio-économique de l'élevage

Le développement de l'élevage a permis, grâce à l'organisation de filières de production, de stabiliser la population à l'intérieur des terres (Blanfort *et al.*, 2000). Aujourd'hui, l'élevage représente près d'un tiers de la valeur ajoutée de l'agriculture réunionnaise et l'économie industrielle repose en grande partie sur l'exploitation de la canne à sucre.

La séparation des surfaces culturales se fait en fonction de l'important gradient d'altitude de la Réunion. Ainsi, les Bas de l'île (< 800 mètres d'altitude) hébergent les grandes cultures tropicales et le maraîchage, tandis que les Hauts marqués par un relief accidenté (entre 800 et plus de 2000 mètres d'altitude), sont devenus la terre d'accueil des élevages bovins. Pour que cette activité économique puisse évoluer correctement, il a été essentiel de créer des conditions favorables. C'est dans ce cadre que les premières politiques d'aides se mettent en place en 1978 sous le nom de Plan d'Aménagement des Hauts. En tout, quatre programmes pluriannuels se sont succédé jusqu'à 1997 et huit Associations Foncières Pastorales (AFP) ont été créées. Pour les éleveurs et les pouvoirs publics, ces AFP ont servi d'outils de mise en valeur et de gestion des terres agricoles des Hauts à vocation pastorale. En 2007, les huit AFP ont fusionnées pour donner naissance à l'ARP (Blanfort *et al.*, 2000).

- *Typologie des exploitations bovines réunionnaises*

La **filière laitière bovine**, portée par la SICALAIT (Société d'Intérêt Collectif Agricole LAIT) regroupe aujourd'hui 58 exploitations laitières et compte environ 3 000 têtes au total, vaches Prim'Holstein principalement. La majorité de ces élevages laitiers ne sont pas concernés par le pâturage et ont recours à la fauche, aux fourrages conservés (foin et ensilage) et aux concentrés. En 2018, on estimait le nombre d'exploitations laitières conduites majoritairement au pâturage inférieur à dix (Marblé *et al.*, 2018).

À la Réunion le système laitier est fragilisé par le manque de foncier qui freine l'installation et/ou le développement des structures et au-delà, un recours plus important au pâturage (DAAF, 2016).

La **filière viande bovine** (allaitante) portée par SICAREVIA compte 325 exploitations sur l'île, réparties principalement au Sud et à l'Ouest (DAAF, 2016). C'est à plus de 900 mètres d'altitude, dans les Hauts, que se situent les surfaces en herbe. On retrouve les systèmes naisseurs conduits quasi exclusivement au pâturage tournant, sur des prairies composées de graminées tempérées et tropicales. Dans les zones basses, inférieures à 800 mètres d'altitude on retrouve les systèmes engraisseurs. Comme les vaches laitières, les broutards sont fréquemment maintenus en stabulation et n'ont pas accès au pâturage (Choisis *et al.*, 2009 ; Grimaud et Thomas, 2002 ; Office de Développement de l'Économie Agricole D'Outre-Mer (ODEADOM), 2018).

Les exploitations considérées par cette étude, reposent sur des systèmes extensifs essentiellement axés vers le pâturage. Ainsi, dans le cadre d'un Observatoire, plusieurs indicateurs concernant la dynamique de pousse de l'herbe en lien avec le pâturage peuvent être mesurés. Ils seront développés ultérieurement.

- *Place des filières locales dans le marché réunionnais*

Le secteur de l'élevage garde un retard conséquent sur la métropole et l'autosuffisance en viande bovine et lait est loin d'être atteinte à la Réunion. En 2019, la viande locale suffisait à couvrir 46% des besoins frais. Ce pourcentage représente déjà beaucoup, mais reste faible en absolu

pour une île aussi isolée. Pour la filière laitière, les taux sont plus faibles. La production locale couvre 65 % des besoins en frais, néanmoins en intégrant les importations de poudre de lait, crèmes, yaourts, beurre et fromages, le taux de couverture du marché global n'est que de 14 % (Augier *et al.*, 2020).

Augmenter la place des produits issus de l'agriculture réunionnaise dans le marché alimentaire local est un objectif primordial pour la résilience de l'île. Différentes initiatives sont apparues ces dernières années pour améliorer l'autonomie alimentaire de l'île, et en particulier l'autonomie fourragère pour le secteur élevage.

En 2012, le **RITA** (Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole) a été créé pour **améliorer les performances des exploitations réunionnaises en donnant aux conseillers techniques et aux éleveurs les outils nécessaires**. Il est divisé en trois secteurs : canne à sucre, horticulture et élevage. Pour le secteur animal, le RITA a retenu deux axes prioritaires : le sanitaire et les fourrages. L'objectif du volet fourrages est d'**améliorer la qualité des fourrages et la gestion des systèmes pour optimiser la ration alimentaire** (RITA, 2020).

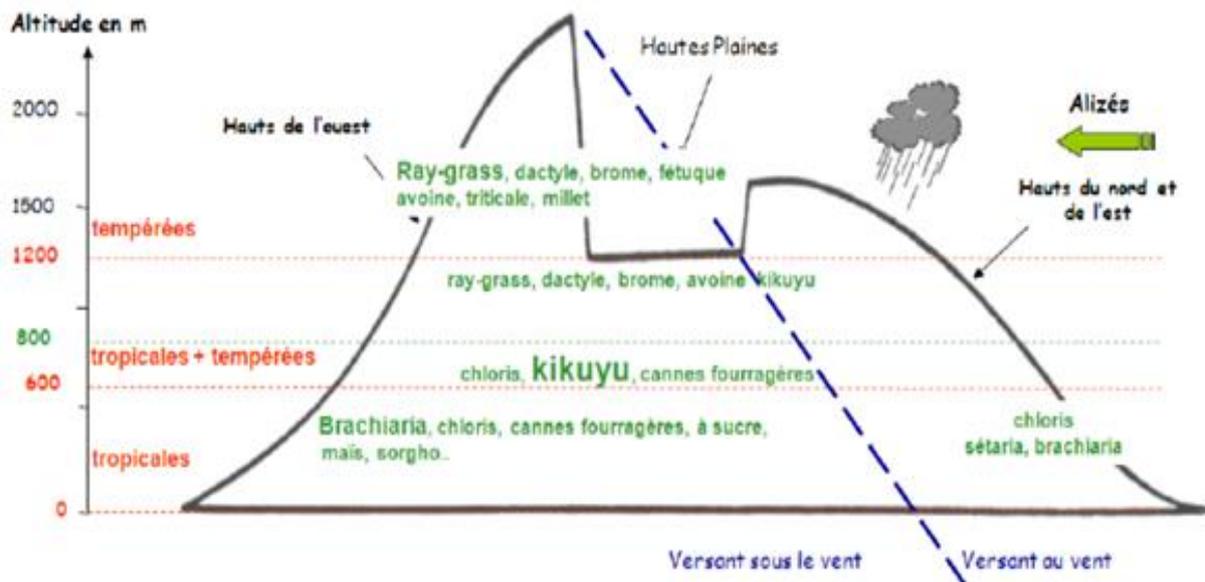
Depuis 2016, le programme **DEVELOP'LAIT** vise à l'amélioration de la conduite de l'élevage tout en respectant le bien-être animal afin de rentabiliser l'activité d'élevage laitier. Le montant de l'aide est proportionnel à une note. Le barème est sur 10 points (1 point vaut 4,7 euros /1 000 litres de lait produit) et se base sur les thèmes suivants : pilotage et formation / reproduction / bien-être et sanitaire / alimentation / autoproduction de génisse. L'Observatoire de la Pousse de l'Herbe intervient dans le thème alimentation de ce programme via la réalisation de bilan fourrager.

La récente crise sanitaire de la Covid-19 et le ralentissement des importations, qui en a découlé, a une nouvelle fois mis en lumière l'importance des filières de production locales (DAAF, 2020).

## C. Les dynamiques de pousse de l'herbe à la Réunion

### • Présentation des fourrages réunionnais

La majorité des surfaces fourragères (environ 80%) sont situées dans le sud et l'ouest de l'île (Leleux, 2016). Aujourd'hui, les prairies de fauche et les pâtures occupent environ ¼ des surfaces agricoles, soit environ 10 690 ha de surface toujours en herbe (Lorré, 2019). Le kikuyu, graminée fourragère tropicale occupe 70% des surfaces en herbe. Cette graminée fourragère présente « une pérennité remarquable qu'elle doit à son port rampant. Grâce à ses stolons superficiels, le kikuyu s'enracine à chaque nœuds pour former une épais gazon couvrant entièrement le terrain » (Barbet-Massin *et al.*, 2011). Cependant, sur l'île de la Réunion, il existe une diversité d'espèces à la fois tropicales et tempérées réparties selon le gradient d'altitude suivant :



Le chloris, les cannes fourragères, le setaria, le brachiara et le kikuyu sont des graminées tropicales. Les ray-grass, le dactyle, le brome, l'avoine, la fétuque sont des graminées tempérées.

Figure 5. Graphe de la répartition des espèces fourragères sur l'île selon les conditions du milieu (Grimaud et Thomas, 2002).

D'après le graphique ci-dessus, il existe trois niveaux d'altitude : les Bas entre 0 et 600 mètres, le Piémont de 600 à 1 200 mètres, suivi des Hauts qui commencent à 1 200 mètres et dépassent les 2 000 mètres d'altitude. Au sein de ces zones, il y a quatre types de prairies :

- Les **prairies tropicales basses** qui s'établissent entre 0 et 1 000 mètres d'altitude et couvrent environ 1 500 ha de l'île. De manière générale, ce sont des prairies de fauche composées de Chloris, Brachiaria, Sétaria ou cannes fourragères ;
- Les **prairies de kikuyu** qui représentent 80% des surfaces fourragères réunionnaises, soit environ 8 000 ha, et qui s'étagent sur un large gradient altitudinal, de 600 à 1500 mètres ;
- Les **prairies tempérées** qui couvrent environ 1 000 ha et s'établissent au-dessus de 800 mètres d'altitude. Celles-ci se composent de Ray-grass, Brome, Dactyle, Fétuque et Trèfle blanc ;
- Les **prairies naturelles** correspondent à environ 400 ha et sont composées de Flouve odorante et de Houle laineuse (Leleux, 2016).

Cette étude porte exclusivement sur les systèmes pâturés et n'abordera pas les systèmes de fauche. Les exploitations considérées concernent donc principalement des pâturages de kikuyu et des pâturages mixtes, associant kikuyu et graminées tempérées.

Ci-dessous voici quelques caractéristiques sur les principales espèces fourragères :

*Tableau 1. Principales espèces fourragères cultivées sur les exploitations du projet (ARP, 2018).*

Nom et origine	Usage	Rendement (tMS/ha/an)	Commentaire
<b>Kikuyu</b> <i>Pennisetum clandestinum</i> Afrique de l'Est	Pâture	15 à 25	De 400 et 1 900m Multiples stolons qui s'enracinent et forment un tapis épais. Graminée très résistante mais sensible au froid et aux gelées. Au-delà de 1200m il est associé à des graminées tempérées.
<b>Chloris</b> <i>Chloris gayana</i> Sud de l'Afrique	Fauche majoritairement	20 à 35	De 0 à 1 000m Touffe avec des stolons. Productivité élevée et bonne valeur alimentaire avant épiaison. Fourrage carencé en magnésium, cuivre et zinc.
<b>Sétaria</b> <i>Setaria anceps</i>	Fauche majoritairement	10 à 25	De 0 à 1 200m Peu fréquent Petites touffes, nombreuses tiges et de courts stolons. Peut atteindre 1,20m en inflorescence.
<b>Brachiara</b> <i>Brachiara decumbens/humidicola/ruziziensis/brizenta/mulato</i>	Pâture	20 à 35	De 0 à 600m Soit en touffe, soit rampante. Colonise le sol grâce à ses stolons. Feuilles lisses ou très poilues.
<b>Ray-grass</b> <i>Lotium perenne</i>	Fauche	10 à 15	De 800 à 1 900m Tiges dressées de 60 cm à 1,2 m formant de grosses touffes, aux feuilles très allongées, à pointe aiguë, de couleur vert clair.
<b>Dactyle</b> <i>Dactylis glomerata</i>	Fauche et pâture	10 à 15	De 800 à 1 900m Graminée la plus riche en protéine. Productivité élevée. Domine en association.
<b>Brome cathartique</b> <i>Bromus catharticus</i>	Fauche majoritairement	12 à 15	De 800 à 3 000m Ensilage appétant avec une valeur alimentaire et une digestibilité plutôt bonne.
<b>Trèfle blanc</b> <i>Trifolium repens</i>	En association systématique avec des graminées. Majoritairement fauché	5 à 6	De 400 à plus de 1 500m Peut rapidement remplir les espaces vides grâce à ses stolons. Fournit de l'azote au sol. Bonne valeur alimentaire qui vient de sa richesse en protéines, de son appétence et de sa digestibilité
<b>Flouve odorante</b> <i>Anthoxantum odoratum</i>	Pâture	5 à 7	De 800 à 1900m Pousse en touffes assez lâches desquelles sortent des tiges dressées (inflorescences) Apporte un complément de MS en saison des pluies
<b>Houlque laineuse</b> <i>Holcus lanatus</i>	Pâture	6 à 10	De 800 à 1900m Plante formant à sa base une touffe compacte. Système racinaire densément fasciculé Résiste bien aux basses températures hivernales et sert donc de réserves fourragères sur pied disponibles en fin de saison fraîche
<b>Plantain</b> <i>Plantago lanceolata</i>	Pâture	5 à 7	Présent en moyenne altitude dans l'Ouest et le Sud Riche en azote et en minéraux Digestibilité élevée

- *Les facteurs de variations*

La production fourragère est influencée par les pratiques agricoles et les caractéristiques du milieu (microclimat, altitude, sol, diversité floristique, etc.). Les facteurs de variation impactant la pousse et la valeur nutritive de l'herbe sont nombreux (Duru *et al.*, 2013a et b).

Comme tous les processus biologiques, la dynamique de croissance de l'herbe est soumise à des **aléas**, en particulier **climatiques** : précipitations, température, évapotranspiration, rayonnement. Le climat peut être marqué par différentes saisons selon les latitudes d'une région à l'autre et d'une année à l'autre. L'influence des conditions climatiques est cependant "très difficile à estimer puisque le climat n'est pas un facteur isolable" (Bellon *et al.*, 1999 ; Delagarde et O'Donovan, 2005). Une fois ces éléments climatiques collectés des saisons pratiques, c'est-à-dire "périodes durant lesquelles les fourrages mobilisés pour alimenter les herbivores sont de nature comparable" peuvent être dégagées (Bellon *et al.*, 1999). Pour intégrer cette saisonnalité dans l'organisation de la campagne de pâturage, les éleveurs jouent sur la diversité des espèces utilisées dans leurs prairies et les modes de fertilisation. Toutefois, des conditions exceptionnelles, comme une forte pluviométrie, peuvent annuler l'effet de la fertilisation et ainsi diminuer le potentiel fourrager (Soltner, 1992). Enfin, des différences considérables de température et bilan hydrique ont été mises en lumière en 2013 par Duru *et al.* dans sa synthèse bibliographique dans laquelle des sites de plaine et de montagnes, à de faibles distances, ont été comparés.

Au-delà des caractéristiques climatiques, les recherches effectuées chez les éleveurs ont montré l'importance des **modes d'exploitation**. En effet, d'autres caractéristiques comme "la temporalité de production (temps de repousse où le pic de biomasse est atteint), la souplesse d'utilisation (liée à une faible évolution de la biomasse et de sa qualité autour du pic) et la saisonnalité de production (régularité de la distribution de la production au cours de l'année)" impactent considérablement la croissance et qualité des fourrages (Ansquer *et al.*, 2009 dans Duru *et al.*, 2013b). Outre cela, Martin *et al.* en 2010, relève le fait "qu'il est difficile par enquête d'aller au-delà des dates et de la fréquence de coupe, alors qu'il conviendrait de considérer la hauteur du couvert qui détermine le niveau de compétition entre espèces". La diversité des prairies au sein d'un même élevage peut être source d'économie et de flexibilité. En effet, chaque variété de fourrage possède un optimum de repousse à ne pas dépasser afin de garder le meilleur apport. Afin d'offrir un fourrage de qualité aux animaux il est nécessaire de privilégier un fourrage jeune avec une proportion importante de feuilles mais faible en tige (Duru *et al.*, 2013a ; Salette *et al.*, 1982 ; Peyraud, 2000).

Le mode d'exploitation englobe également la **fertilisation**. Celle-ci permet de valoriser le potentiel de production aussi bien les années sèches que les années pluvieuses. Les indices NPK (azote, phosphore et potassium) sont à intégrer dans le processus de la pousse de l'herbe, étant donné que la production augmente avec le niveau de fertilisation azotée. En effet, en accord avec la littérature de Salette *et al.* (1982), la prairie réagit avec une très grande rapidité aux apports en azote et "le tracé de la courbe de l'azote absorbé en fonction du temps correspond assez précisément à celui des courbes de croissance". Cette réponse confirme le caractère limitant de cet élément sur la productivité fourragère et le comportement de la prairie dépend essentiellement du climat lorsque l'azote n'est pas limitant (Pons *et al.*, 1990 ; Van Duren et Pegtel, 2000).

Pour diagnostiquer d'éventuelles carences en phosphore ou en potassium, des analyses d'herbe ou de sol peuvent être réalisées. En métropole, « Quelle que soit la méthode utilisée, l'intérêt de réaliser régulièrement un diagnostic est d'autant plus important qu'une baisse des teneurs en phosphore (P) des sols et une réduction de la fertilisation P et potassium (K) sont observées à l'échelle nationale laissant pressentir une augmentation de la fréquence des cas de carences

dans le futur » (Vericel, 2020). Or, la tendance inverse est observée sur l'île de la Réunion, avec des teneurs plutôt élevées en P mais des problèmes de phytodisponibilité. « La capacité à fixer le phosphore est très forte dans les andosols » (Truong *et al.*, 1974).

Concernant l'effet de la fertilisation azotée sur la valeur alimentaire des fourrages, en 1977, Demarquilly souligne le fait que « l'effet de la fertilisation azotée sur la teneur en azote est d'autant plus important que le stade d'exploitation est précoce ». Par conséquent, il est normal que la teneur en Matières Azotées Totales (MAT) du foin ne soit pas impactée.

Dans cette étude, l'influence des conditions climatiques sur la densité et la croissance de l'herbe seront examinées. En revanche, les modes d'exploitation et de fertilisation n'ont pas été pris en compte dû à un manque de données ou un faible accès à ce type de données au niveau des exploitations.

- *Les indicateurs utilisés pour le conseil agricole*

Dans cette partie seront présentés les indicateurs utilisés par l'ARP pour son appui aux éleveurs. Selon Cruz *et al.* (2002) «un diagnostic des pratiques a pour vocation de déterminer leur adéquation avec le potentiel productif des prairies utilisées ou la fonction qui leur est assignée». Les indicateurs induisant un conseil agricole concernent la **vitesse de croissance de l'herbe**, la **quantité de biomasse accumulée** et sa **valeur nutritive**. Sur la base de ces connaissances, des recommandations sur la manière de modifier les pratiques de l'éleveur peuvent donc être proposées afin d'évaluer dans quelle mesure de meilleurs compromis entre quantité et qualité peuvent être choisis (Martin *et al.*, 2010).

Il existe plusieurs conceptions autour du «système fourrager». Dans les années 80, la diversité des définitions figure dans les synthèses bibliographiques de Delorme *et al.*, allant du «simple» assolement fourrager selon Pousset (1974, 1978), au système d'exploitation dans sa globalité pour Huguet et Mansat (1977). Ainsi, les approches concernant le système fourrager varient selon les interlocuteurs, les structures et les objectifs de travail.

Le terme de notion de trésorerie fourragère est utilisé depuis les années 1970 pour définir selon Duru *et al.* en 1988 «un système d'information et de décision dont la tâche, au sein d'une exploitation d'élevage, est de procéder à l'équilibrage des ressources fourragères et des besoins des animaux, conformément aux objectifs et aux conditions de fonctionnement de cet élevage». Il ajoute que la situation de trésorerie est la résultante des flux de production et de consommation des fourrages au pâturage et en stock. À une date donnée, le solde de trésorerie est un indicateur d'état du système fourrager. Son évolution au cours d'une ou de plusieurs campagnes est un indicateur de fonctionnement.

Le nombre de **jours de consommation d'avance** (JA) est une évaluation proposée pour un troupeau donné. Il s'agit de «rapporter les ressources fourragères disponibles à une date donnée à la consommation quotidienne que le troupeau peut en faire au cours de la période considérée» (Duru *et al.*, 1988). Cet indicateur peut servir à faire un diagnostic a posteriori, aider au pilotage en temps réel ou élaborer des scénarios futurs.

$$JA = (\text{Stock dispo} + \text{Ressources offertes au pâturage}) \div \text{Consommation quotidienne du troupeau}$$

Concernant le couvert, les fourrages tropicaux et tempérés peuvent être différenciés par leur composition chimique (protéines, lignine, etc.), leur structure physique et leur teneur en certains composés secondaires.

D'autre part, connaître les facteurs de variation de la valeur alimentaire des fourrages tropicaux permet de mieux appréhender la pousse de l'herbe. Les paramètres influençant cette valeur alimentaire sont :

- L'encombrement, dépend de la teneur en fibres ;
- La valeur énergétique, liée à la digestibilité de la Matière Organique (MO) ;
- La valeur azotée, liée à la teneur en Matière Azotée Totale (MAT) ;
- L'âge de la prairie ;
- La fertilisation azotée, apport d'engrais ou association avec des légumineuses (Baumont *et al.*, 2009; Duru *et al.*, 2008 ; Ruegsegger et Emmenegger, 2012).

Les graminées tropicales sont plus pauvres en énergie et en azote (à l'exception du kikuyu), ont un encombrement supérieur ; la perte de qualité est plus rapide au cours du cycle de croissance ; À l'inverse, les graminées tempérées sont plus riches et ont un encombrement inférieur ; leurs rendements sont plus faibles que celui des tropicales.

**Le chargement** est un indicateur important dans la conduite des couverts fourragers et la gestion d'une exploitation. Le chargement est défini par Duru en 1988 comme "le rapport entre l'effectif d'un troupeau et la superficie des parcelles dont il utilise les ressources fourragères". Calculé sur l'année, ce rapport indique un niveau de productivité des surfaces fourragères permettant de comparer leur gestion d'un élevage à l'autre. Les auteurs Béranger et Micol en 1981 admettent que "l'augmentation du chargement accroît la production animale par unité de surface mais ce n'est pas sans contrepartie sur les performances animales individuelles, du moins à partir d'un certain seuil". Entre les différentes stratégies de gestion du pâturage des écarts de valorisation annuelle d'herbe sont possibles allant de 1 tonne de MS/ha à 3 tonnes de MS/ha selon la saison. La gamme de valorisation d'herbe va de 4 à 13 tonnes de MS/ha selon les régions et les parcelles (Delagarde, 2020).

## II. Présentation des acteurs et du projet

### A. Principaux partenaires du projet

Le **CIRAD** est un centre de recherche public français agissant en partenariat avec les pays du Sud. Il a pour objectif de répondre aux enjeux de l'agriculture et de développement ; c'est-à-dire une agriculture durable qui réponde aux changements climatiques et qui nourrisse une population mondiale croissante. Il a été créé en 1984 et résulte du regroupement des 9 instituts de recherche agricole tropicale spécialisés dans des productions telles que : les cultures vivrières, le caoutchouc, le coton, le cacao, etc. La plupart de ces institutions ont été créées sous l'empire colonial français. Le CIRAD est aujourd'hui présent dans plus de 100 pays répartis sur trois continents : l'Afrique (50%), l'Asie (25%) et l'Amérique du Sud (25%). Il compte 1650 agents dont 800 chercheurs, ses activités sont axées sur des sujets tels que la sécurité alimentaire, la gestion des ressources naturelles, le changement climatique, la lutte contre la pauvreté et la réduction des inégalités. Les actions sont orientées autour de la construction d'une agriculture qui pourra nourrir les 10 milliards d'individus attendus en 2050, en tenant compte de l'environnement et des changements climatiques. Le partage des connaissances et la formation des acteurs localisés dans les pays du Sud font également partie des activités du centre. La Réunion, Mayotte et l'océan Indien forment le pôle CIRAD Réunion-Mayotte où les

résultats des recherches sont diffusés aux professionnels de l'agriculture via le RITA (CIRAD, 2019).

L'**ARP** (Associations Réunionnaises de Pastoralisme) a été fondée en 2007 à la suite de la fusion des 8 Associations Foncières Pastorales (AFP). Ses principales missions sont l'accompagnement des éleveurs dans l'implantation des prairies, dans la gestion de leurs systèmes fourragers et dans la valorisation des fourrages qu'ils produisent. Elle évolue ainsi en partenariat avec des organismes de l'interprofession tels que les coopératives et les instituts de recherche. Les axes de travail de l'ARP sont le conseil et l'expertise, la formation et l'animation, la vente de semences fourragères et la structuration de la filière (foin et fourrage). La structure est composée de 6 salariés et elle organise son travail en deux parties.

La première concerne un service d'aide technique et administratif qui intervient dans le cadre du Plan de Développement Rural (PDR) à la Réunion 2014-2020. Il permet la création et le suivi des dossiers de demande d'aides à la création de prairies : les Travaux d'Aménagement Foncier (TAF), et à l'achat d'équipements.

La seconde concerne l'importation et la vente de semences par l'organisme. Cette activité a pour but d'aider les agriculteurs à accéder à des semences différentes, de qualité, et plus facilement. Enfin l'ARP est également financée par l'Europe avec les Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER), l'Office de Développement de l'Économie Agricole des Départements d'Outre-Mer et le département Réunion (ARP, 2020).

## B. Le projet ECLIPSE

Le projet ECLIPSE (Emerging Crop Livestock Production System adapted to a changing Environment), supporté par des fonds européens FEDER INTERREG V, vise à « contribuer à la sécurité alimentaire des populations en améliorant la gestion des élevages de ruminants » (Adaptation des systèmes d'élevage de Ruminants aux Changements Environnementaux (ARChE\_Net), 2020). Il s'inscrit dans la continuité du projet ARChE\_Net 2012-2015, qui est lui-même inscrit au sein de la Plateforme régionale en Recherche agronomique pour le développement dans l'océan Indien : la Plateforme régionale en Recherche agronomique pour le développement dans l'océan Indien (PréRad).

Les objectifs sont les suivants : **(1)** mettre au point des outils de pilotage au profit des éleveurs et agriculteurs, et de favoriser les transferts de connaissances sur des différents sujets techniques souhaités par ces derniers ; **(2)** contribuer à la sécurité alimentaire des populations en améliorant la gestion des élevages de ruminants ; **(3)** mise à disposition et utilisation d'outils de pilotage innovants ; **(4)** mise en œuvre de recherches et d'expérimentations afin d'identifier les modes de conduite des troupeaux et les itinéraires techniques les plus efficaces ; **(5)** renforcer les échanges de compétences et d'informations au sein d'un réseau partenarial dans l'Océan Indien (ARChE, 2020).

## C. Historique du projet

En amont, le réseau **ARChE\_Net** (Adaptation des systèmes d'élevage de Ruminants aux Changements Environnementaux) a été créé afin de **définir des stratégies régionales pour gérer l'adaptation des systèmes d'élevage de ruminants aux changements agroécologiques et socio-économiques**. Il touche sept pays de la zone océan Indien : Afrique du Sud, Australie, France (Réunion), Inde, Mozambique, Madagascar, Union des Comores.

L'objectif est de mettre au point des outils de pilotage (SPIR<sup>1</sup>, NDVI<sup>2</sup>, LASER<sup>3</sup>, drone, FAST<sup>4</sup>, System Expert, base de données) au profit des éleveurs et des agriculteurs. Ceux-ci permettent de quantifier et qualifier les ressources liées à l'élevage tels que le sol, les fourrages et les animaux. Ainsi, le projet a permis de mettre en avant des pistes d'améliorations de la production de biomasse, qui ont ensuite été proposées aux partenaires et un transfert de connaissances sur différents sujets techniques s'est mis en place au sein de l'océan Indien.

Ce premier projet s'est terminé en 2015 cependant, son action a été poursuivie avec le projet ECLIPSE qui doit s'achever en 2021.

À la Réunion, le projet ECLIPSE est porté par le CIRAD et a débuté en 2015 par l'installation d'un système de caractérisation des ressources fourragères. L'Observatoire de la pousse De l'Herbe (ODH) de la Réunion, initié par l'ARP en partenariat avec le CIRAD, s'inscrit dans cette dynamique. Cet observatoire a pour but d'approfondir la connaissance des prairies réunionnaises en déterminant des références à ce jour manquantes, afin de produire à terme des outils facilitant leur gestion. Des études précédentes ont démontré le potentiel des prairies réunionnaises, qui présentent des rendements potentiels importants (Leleux, 2016). Toutefois, les dynamiques de croissance et l'évolution de la densité des fourrages, ainsi que l'évolution de leurs qualités alimentaires sont peu connues chez les éleveurs. C'est notamment pour compléter ces connaissances qu'a été créé l'ODH. L'intérêt se porte sur la mise en place d'un suivi et de formations, et non d'études ou d'expérimentations spécifiques.

## III. L'Observatoire de l'herbe

- *Principes*

Le principe fondateur des Observatoires de la Pousse de l'Herbe repose sur un réseau de fermes de référence sur lesquelles la hauteur d'herbe est mesurée hebdomadairement. La différence de hauteurs entre deux semaines est convertie en une croissance exprimée en kilogramme de matière sèche par hectare et par jour (kg MS/ha/j). Cette conversion peut être faite quand la densité volumique de l'herbe est connue. Celle-ci s'exprime en kilogramme de matière sèche par hectare et par centimètre de hauteur d'herbe (kg MS/ha/cm).

Recueillir ces données est très coûteux en temps et nécessite de nombreux techniciens déployés sur le terrain. Une fois toutes les informations connues, un bulletin hebdomadaire est édité. Il informe sur la croissance de l'herbe (stock d'herbe disponible) ainsi que la qualité de l'herbe pâturée (Annexe 2). Des conseils sont également prodigués aux travers de ces bulletins (Battegay, 2015). De plus, un bulletin mensuel est envoyé selon les Observatoires (Annexe 7).

---

<sup>1</sup> Spectrométrie dans le Proche Infra-Rouge

<sup>2</sup> Normalized Difference Vegetation Index

<sup>3</sup> Logiciel d'Aide au Suivi des Élevages de Ruminants

<sup>4</sup> Forage Adaptation Selection Tool

Il permet de tenir au courant les adhérents sur la croissance de l'herbe, les conseils saisonniers et les événements à venir.

Afin d'harmoniser les pratiques des Observatoires et obtenir une vision globale de la croissance de l'herbe, le Réseau Mixte Technologique (RMT) "Prairies demain" a mis en place un observatoire national intégrant 39 départements. Celui-ci permet de centraliser les données pour réaliser par la suite des comparaisons entre régions.

A la Réunion, le fonctionnement de l'Observatoire est inspiré du fonctionnement des Observatoires métropolitains. Le protocole réunionnais possède quelques spécificités : la valeur alimentaire des espèces végétales est une donnée prise en compte contrairement au protocole métropolitain. En revanche, l'hydromorphie des parcelles et l'état floristique des végétaux ne sont pas intégrés dans le protocole réunionnais. Ces différences s'expliquent par le manque de main d'œuvre et le manque de temps des personnes en charge de l'Observatoire de la Réunion.

- *Objectifs, activité et enjeux de l'Observatoire*

Un Observatoire permet d'obtenir des données concernant les espèces communément rencontrées dans les prairies de l'île, notamment pour connaître les dynamiques de croissance des différents couverts végétaux. Bien que des données concernant le rendement des différentes espèces sur l'île soient disponibles, il n'existe à ce jour aucune référence concernant la dynamique des prairies. De tels repères permettraient d'améliorer grandement le conseil auprès des éleveurs et l'optimisation de l'utilisation des pâtures qui en résulterait permettrait à terme d'améliorer la production bovine de l'île.

L'**objectif général** est de permettre un suivi de la pousse de l'herbe dans une région ou plusieurs microrégions.

Les **objectifs spécifiques** sont de :

- Générer des données de références locales sur la pousse de l'herbe en prairies pâturées ;
- Assurer un suivi continu pour fournir un conseil au fil de la saison.

Les **résultats** de ce suivi vont permettre de renouveler les référentiels et le conseil dans l'optique d'accompagner les éleveurs à :

- Mieux connaître la quantité de fourrage disponible ;
- Mieux valoriser les prairies ;
- Augmenter l'autonomie fourragère de l'île afin de limiter les achats d'intrants alimentaires.

Finalement, ceux-ci vont contribuer d'une façon plus générale à mener à bien les missions de l'ARP, qui sont de :

- Contribuer à une meilleure utilisation du potentiel productif et alimentaire des surfaces en herbe afin d'en maintenir un maximum ;
- Renforcer la place de l'herbe dans les systèmes d'élevage d'herbivores ;
- Améliorer l'efficacité technico-économique de ces structures.

- *Calendrier du projet*

Le projet se divise en trois phases : une phase de conception, une phase de lancement et un bilan (analyse des données et évaluation du projet).

D'octobre 2017 à début 2018 l'Observatoire s'est mis en place. Un protocole visant à caractériser la pousse de l'herbe sur une année complète a été établi. Un zonage représentatif

des élevages pâturant a été réalisé, permettant de dégager trois zones d'étude présentant des altitudes et des caractéristiques climatiques différentes : Plaine des Cafres, Hauts du Sud et Hauts de l'Ouest (Cogranne, 2018). Le suivi est réalisé sur au moins deux exploitations dans chaque zone. Les exploitations ont été sélectionnées sur la base d'un pâturage tournant et de la volonté des éleveurs d'améliorer leurs pratiques. Dans chaque exploitation, un minimum de cinq parcelles de prairies est suivi. Dans chaque parcelle, les mesures sont réalisées sur une zone de 2000 m<sup>2</sup>, la plus représentative possible de la prairie et la plus homogène possible, selon les recommandations du protocole de l'Observatoire. C'est avec ce dispositif que toutes les mesures de l'Observatoire ont été effectuées pendant les trois années (Averna *et al.*, 2020).

La phase de lancement/suivi a débuté en 2018. Chaque semaine l'ARP et le CIRAD ont effectué des mesures de densité et de hauteur d'herbe sur les exploitations volontaires choisies par l'Observatoire. Puis, à partir de 2019 l'ARP gérait le suivi hauteur d'herbe et croissance hebdomadaire tandis que le CIRAD mesurait, tous les 15 jours la densité.

Aujourd'hui, je réalise mon stage sur la partie bilan. Dans un premier temps, l'idée est d'analyser les données de densité de l'herbe récoltées depuis fin 2017 par l'ARP et le CIRAD. Le but final est de réussir à obtenir des tendances et sortir une table de référence, renseignant la densité adaptée selon différents facteurs de variation. Dans un second temps, il est intéressant d'explorer la portée du projet, d'en analyser les forces et faiblesses et les interactions entre les acteurs.

- *Problématique*

Comme dit précédemment, l'autonomie fourragère sur l'île de la Réunion est un frein majeur au développement des exploitations bovines. Un important déséquilibre alimentaire se fait sentir entre la saison humide et la saison sèche. Si celui-ci n'est pas comblé, il peut provoquer des pertes de poids chez les animaux et donc une baisse de la productivité.

Afin de limiter cette pénurie fourragère plusieurs rapports techniques ont montré les marges de progrès possibles sur les potentiels fourragers ainsi que sur la gestion et la valorisation des surfaces fourragères (Barbet-Massin *et al.*, 2011; Leleux, 2016).

Cette étude s'inscrit dans la suite logique du projet. Depuis bientôt trois ans, l'ODH a récolté hebdomadairement des indicateurs sur la pousse de l'herbe, auprès d'un échantillon de huit exploitations volontaires. Néanmoins, aucune analyse n'a réellement mis en exergue la dynamique de la pousse de l'herbe sur l'île de la Réunion.

Ce mémoire tentera de répondre aux objectifs énoncés ci-dessus tout en répondant à la question suivante :

**Quels facteurs ont un impact sur la densité et la dynamique de pousse de l'herbe sur l'île de la Réunion et comment les éleveurs perçoivent-ils le conseil fourni par l'ARP via l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe ?**

# MÉTHODOLOGIE

## I. Description des méthodes

Cette étude s'est déroulée en deux temps. Dans un premier temps, l'étude a porté sur l'analyse de la densité de l'herbe à la Réunion. Il a été possible grâce à l'ensemble des données, de déterminer les paramètres influençant la densité de l'herbe via une modélisation statistique. Cette méthode a permis de tester rapidement les interactions entre différents facteurs. L'enjeu majeur de ce travail était de construire un modèle permettant d'estimer les densités d'herbe en fonction de paramètres donnés.

Dans un second temps, l'étude a porté sur le conseil agricole de l'ARP. Une analyse des processus de transmission d'informations et des répercussions sur les éleveurs a été effectuée. Pour cela, des entretiens avec les éleveurs suivis par l'Observatoire ont été réalisés. Ainsi, à travers leurs cadres conceptuels, des éléments clés ont pu être observés. De cette façon, des tendances peuvent être dégagées et des recommandations cohérentes avec les réalités du terrain peuvent être formulées.

## II. Récolte de données

### A. Types de données

Ce choix du type de données à collecter se fait en fonction de la nature des résultats recherchés. Dans le cas présent, l'objectif est à la fois de comprendre les dynamiques de la pousse de l'herbe et les actions entreprises par les éleveurs suite aux retours faits par l'ARP. Pour cela, différents types de données peuvent être collectés. En effet, la compréhension de la dynamique de la pousse de l'herbe nécessite des données quantitatives et qualitatives, développées ci-dessous, tant dis que l'évaluation globale du projet implique de sortir un peu de ce cadre pour laisser les parties prenantes du projet s'exprimer sur leurs propres réalités. Il s'agit alors de données émiques, récoltables à travers le discours ouvert, lors d'entretiens libres. Parallèlement, il est également nécessaire d'obtenir des réponses précises, donc de poser des questions spécifiques, parfois fermées, ne laissant pas forcément la place à l'enquêté de s'exprimer pleinement sur sa propre réalité. Dans cette situation, il est plus facile d'avoir recours à des méthodes directives (entretiens semi-directif, voire directif).

Cependant, cette dernière méthode ne rend pas compte de la totalité des faits disponibles, c'est pourquoi il est essentiel de combiner les méthodes pour maximiser la crédibilité des résultats (Aiken et Bransby, 1992 ; Peersman, 2014).

L'agencement de ces différentes données permet d'assurer la validité de la démarche (émiques/étiques, quantitatives/qualitatives).

## B. Le suivi terrain (données quantitatives et qualitatives)

- *Zone d'étude*

Le projet a été mis en œuvre dans trois secteurs (Figure 7) : le secteur incluant une partie de Saint Pierre, du Tampon, de Petite Ile et Saint Joseph, appelé secteur Sud zone médiane (vert menthe), la Plaine des Cafres (violet foncé) et les Hauts de l'Ouest (bleu). Ce sont les trois principaux secteurs fourragers et pâturants de l'île.

Ces trois zones ont été définies sur la base (1) d'une **zonation réalisée par l'ARP** (Figure 6) prenant en compte l'occupation du sol (Base d'Occupation des Sols 2016 (BOS)) et différentes caractéristiques pédoclimatiques (pluviométrie, température, etc.) ; (2) une **étude prospective** concernant les ressources fourragères, (3) l'expertise des conseillers de l'ARP. Enfin, le choix de ces zones a été défini en prenant en compte le nombre maximum de suivis que pouvait assurer l'ARP en routine, avec un minimum de site par zone.

Concernant le suivi administratif et technique, celui-ci se fait depuis les locaux de l'ARP, dans la commune du Tampon.

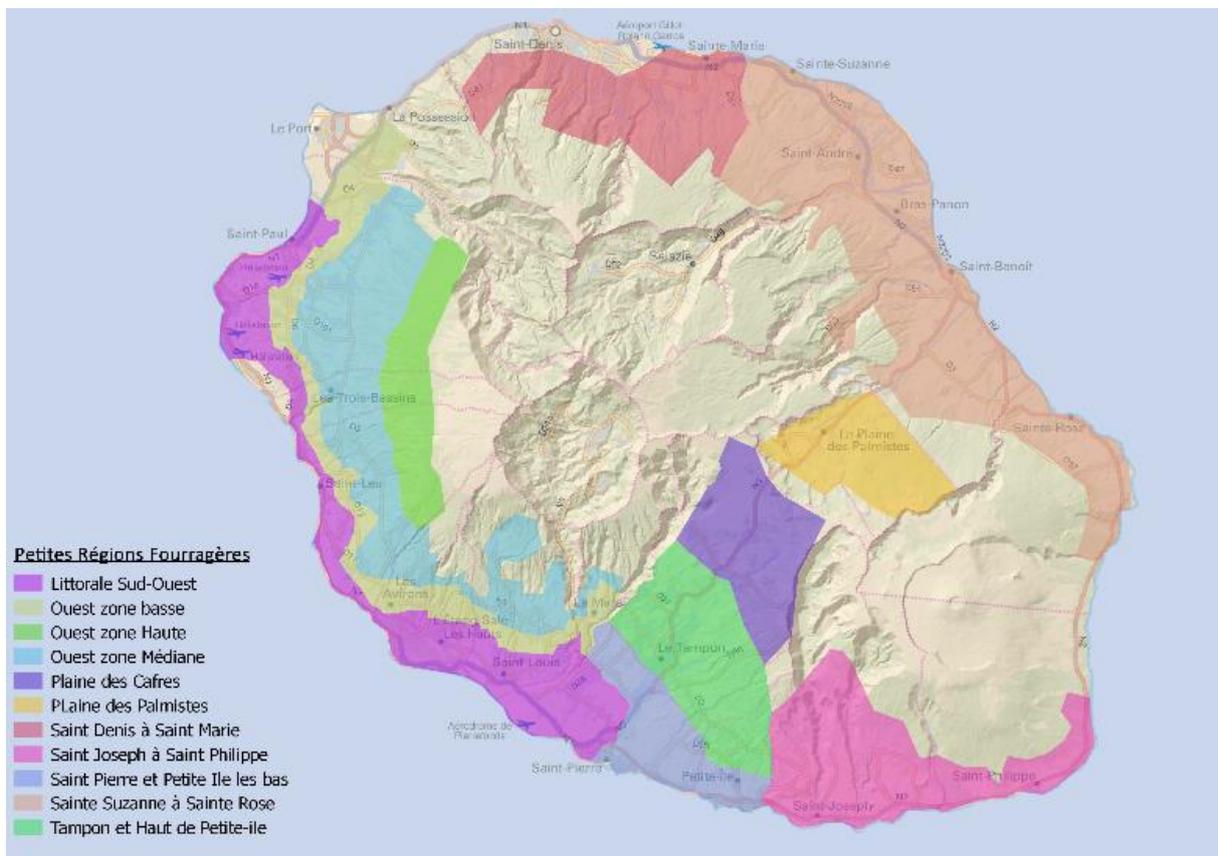


Figure 6. Carte des 11 petites régions fourragères de l'île de la Réunion (ARP).



Figure 7. Carte des 3 grandes régions pâturantes suivies dans le cadre de l'Observatoire (ARP).

Le protocole de l'Observatoire permettant le suivi de la croissance, de la densité et de la valeur alimentaire des fourrages détermine :

- Le choix des exploitations étudiées ;
- Le choix des parcelles suivies ;
- Le mode opératoire de récolte de données ;
- Les conditions de validité des mesures ;
- Les principes de calcul.

- *Choix des exploitations étudiées*

Les fermes étudiées ont été sélectionnées par les conseillers de l'ARP conformément au protocole du RMT « Prairies Demain ». Les fermes sélectionnées devaient pratiquer le pâturage tournant et posséder au moins cinq parcelles sur lesquelles les animaux pâturent. Au minimum deux exploitations par secteur ont été recrutées.

Le réseau de l'Observatoire de la pousse de l'herbe a suivi en tout dix exploitations sur la période 2017-2020 (figure 8 et tableau 2). Certains suivis ont été arrêtés au cours du projet pour différentes raisons (parcellaire, terrain ou pratiques inadaptés au suivi), et de nouvelles

exploitations ont été intégrées. En 2020, sept exploitations étaient suivies. Les éleveurs participent sur la base du volontariat.

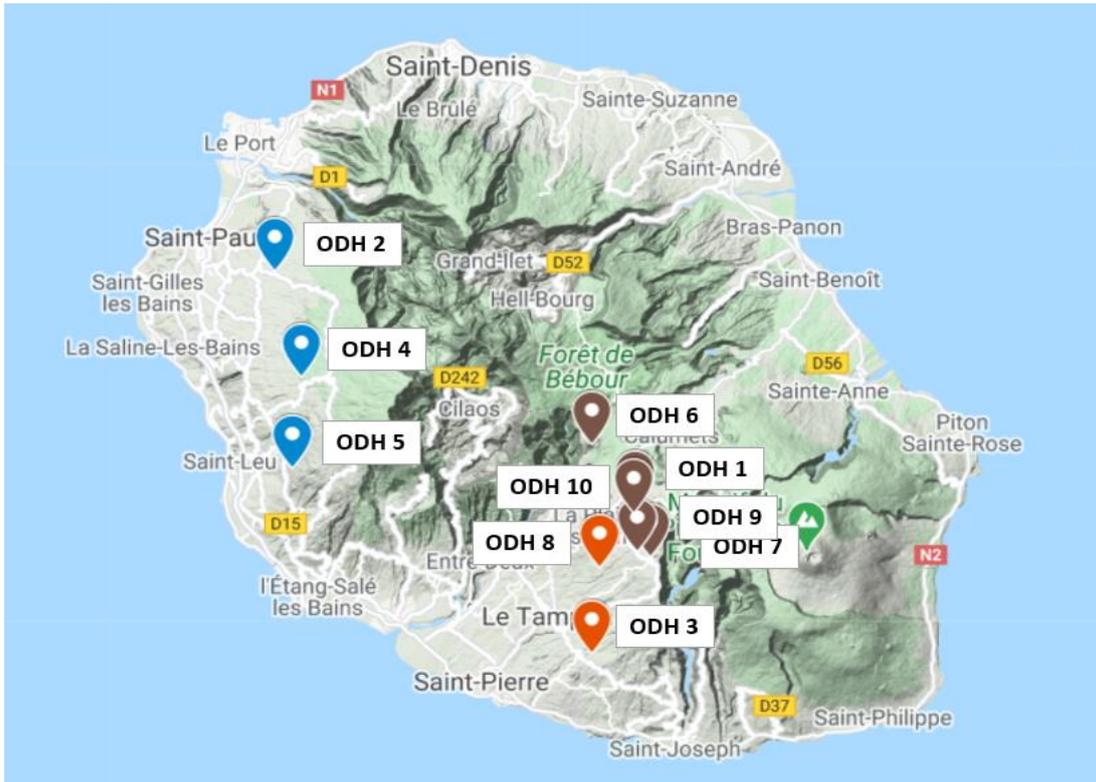


Figure 8. Carte localisant les parcelles de l'Observatoire de la pousse de l'herbe.

Tableau 2. Caractéristiques des exploitations étudiées dans le cadre de l'Observatoire de la pousse de l'herbe.

	ODH1	ODH2	ODH3	ODH4	ODH5	ODH6	ODH7	ODH8	ODH9	ODH10
<b>TROUPEAU</b>										
Type d'élevage	Laitier	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Laitier	Allaitant
Race	Prim'Holstein	Limousine x Salers	Limousine	Mixte	Limousine	Limousine	Limousine	Limousine	Prim'Holstein	Blonde d'Aquitaine
Vaches	75	45	180	27	33	40	33	41	120	20
Génisses	25	Quelques-unes	77	5	Quelques-unes	Quelques-unes	6	10	Quelques-unes	15
Taureaux	1	1	240	1	1	1	1	2	1	1
<b>PRAIRIES</b>										
Espèce principale	Dactyle Brome	Kikuyu	Dactyle Brome	Kikuyu	Houlque laineuse	Dactyle Brome	Dactyle Brome	Kikuyu	Ray-grass Trèfle	Kikuyu
Surface totale	13	35	177	18	60-65	41	22	36,6	40	27
Nb de parcelles suivies	14 puis 12	11	8 puis 6 autres	7	7	6	5	5	9	8
Accessibilité <sup>5</sup>	oui	oui	oui	non	certaines	oui	faible	oui	certaines	oui
<b>ALIMENTATION</b>										
Concentré	oui post traite		oui	oui pour le taureau	oui avant vêlage	non	oui	oui	oui	oui
Fourrages	ensilage l'hiver	paille de canne ou foin	paille de canne ou foin	non	paille de canne et ensilage l'hiver	ensilage l'hiver	paille de canne, foin, ensilage	ensilage, paille de canne	paille de canne ou foin	Ensilage une grande partie de l'année
<b>CONDUITE</b>										
Fauche	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	oui	oui
Engrais	minéral et lisier	minéral	oui	minéral	fumier	oui	minéral	minéral	lisier	-
Opérateur	-	M. POTIN (apprenti BTS <sup>6</sup> CIRAD)	M. MIRAL LES-BRUNE AU (ARP)	-	Y. PELLIER (ARP)	A. BOYER (ARP)	M. POTIN (apprenti BTS CIRAD)	J. TEXIER (stagiaire CIRAD)	A. BOYER (ARP)	Y. PELLIER (ARP)
Autres	Arrêt du suivi fin 2018	Elevage de 8000 poules pondeuses	Centre d'élevage Arrêt du suivi densité en septembre 2019	Arrêt du suivi début 2019	Arrêt du suivi densité en octobre 2019	Pâturage au fil Arrêt du suivi densité en octobre 2019	Arrêt du suivi en 2019	-	Début du suivi en octobre 2019, pas de suivi densité	Début du suivi en avril 2020, pas de suivi densité

<sup>5</sup> Accessibilité : les parcelles sont accessibles, au moins en partie, par un véhicule<sup>6</sup> Brevet de Technicien Supérieur

- *Choix des parcelles étudiées*

Sont retenues uniquement les parcelles destinées au pâturage. Celles réservées à la fauche sont exclues car l'herbomètre ne permet pas un suivi sur des parcelles dont la hauteur d'herbe est supérieure à 17 cm. Les parcelles suivies doivent faire partie d'un seul et même lot, et être pâturées par le même groupe d'animaux. Les lots d'animaux pâturants sur les lots suivis sont principalement des vaches allaitantes. De plus, sont suivis également des lots de vaches laitières, de génisses en croissance ou en phase de premier vêlage. Enfin, les prairies doivent être implantées depuis plus de six mois et ne pas être atypiques (aire d'attente du bétail, inondables, etc.).

- *Mode opératoire de récolte de données*

Chaque manipulateur est chargé du suivi de deux ou trois fermes, qu'il visite chaque semaine, le même jour et au même moment de la journée (dans la mesure du possible). Au cours de ces visites, l'opérateur mesure la hauteur d'herbe de chaque parcelle sélectionnée par l'Observatoire et effectue des prélèvements dans certaines d'entre elles. Pour minimiser les potentiels biais de mesures lors de la récolte de données il est conseillé de garder le même manipulateur (Aiken et Bransby, 1992).

Sur la période 2017-2020, les exploitations ont été suivies par trois types d'opérateurs : salarié ARP, apprenti BTS CIRAD ou stagiaire CIRAD, conseiller SICAREVIA. À partir de 2020, le suivi ne sera plus assuré que par l'ARP. En effet, l'association souhaite, dans les années à venir, intégrer à l'Observatoire des conseillers de coopératives et de la Chambre d'Agriculture, afin d'élargir le réseau et faciliter la diffusion des nouvelles pratiques permises par ce suivi.

La hauteur d'herbe est mesurée à l'aide d'un herbomètre de la marque Jenquip®, conformément au protocole RMT « Prairies Demain ». Cet outil, développé en Nouvelle-Zélande, a été validé par l'INRA. Il est constitué d'un plateau qui coulisse sur un axe cranté. Placé au-dessus de l'herbe, la tige descend jusqu'au sol et le poids du plateau entraîne une compression de l'herbe. Le domaine de validité des mesures à l'herbomètre est compris entre 0 et 17 cm, hauteur à partir de laquelle la mesure est jugée moins fiable car l'herbe a tendance à se coucher (Michellon et Techer, 1996 ; Mathieu et Fiorelli, 1985). Dans chaque parcelle, une zone de mesure a été définie au préalable. Cette zone mesure 2000 m<sup>2</sup> et est supposée représenter la parcelle. L'opérateur effectue cinquante mesures en zigzag tous les quatre pas (Sellam et Saint-Louboue, 2016).



*Yoann PELLIER effectuant le suivi hauteur d'herbe pour l'Observatoire (source Maéva MIRALLES-BRUNEAU)*

Les prélèvements de biomasse sont réalisés dans trois parcelles parmi l'ensemble du parcellaire et trois relevés de biomasse (quadra) sont effectués par parcelle, soit neuf prélèvements à chaque visite.

Un quadra de forme circulaire (diamètre de 65 cm) est placé de manière aléatoire dans la zone de mesure. Il permet au manipulateur de prélever à l'aide d'une tondeuse la biomasse à l'intérieur.

La hauteur d'herbe (en entrée) dans le quadra est alors mesurée à l'aide de quatre mesures prises à l'herbomètre. L'opérateur prélève ensuite l'herbe grâce à la tondeuse à main en laissant une hauteur d'environ 5 cm et mesure la hauteur d'herbe (en sortie) après prélèvement de la même manière. Le poids vert des échantillons est ensuite déterminé à l'aide d'une balance. En laboratoire, les échantillons d'une même parcelle sont mélangés et l'opérateur prélève 200 g d'herbe qu'il place dans un sac adapté au séchage en étuve. Les sous-échantillons sont ensuite placés à l'étude pendant 48h à 68°C. Le poids sec est mesuré à l'issue du passage à l'étuve.

Durant la première année de suivi, la mesure de hauteur d'herbe et le prélèvement de biomasse pour la mesure de la densité étaient réalisés toutes les semaines, sur chaque exploitation, par les opérateurs ARP et CIRAD. À partir de 2019, le protocole de suivi a été modifié afin d'assurer la continuité de suivis de croissances de toutes les exploitations sur l'année. L'ARP a assuré uniquement les suivis hebdomadaires de la hauteur d'herbe, et le CIRAD a assuré les mesures de densité tous les 15 jours, sur des périodes 5 mois de stages successifs.



*Matériel nécessaire pour effectuer les prélèvements de densité de l'herbe : tondeuse à main, sac, quadra (cerceau), herbomètre (source Maéva MIRALLES-BRUNEAU)*

L'analyse SPIR (valeur alimentaire) se fait sur les sous échantillons secs. Une fois sortis de l'étuve, ils sont broyés et placés dans des pots fermés. L'analyse est faite dans la semaine qui suit le broyage à l'aide d'un spectromètre dans le proche infrarouge calibré par le CIRAD pour ce type d'analyse, et utilisé en routine par l'ARP dans son laboratoire. Elle permet de déterminer la valeur alimentaire de l'herbe prélevée.



*Analyse SPIR des prélèvements d'herbe après un passage à l'étuve (source Maéva MIRALLES-BRUNEAU)*

D'autres mesures ont été réalisées par l'ARP en parallèle de ce suivi, afin d'affiner la connaissance des exploitations, obtenir des informations complémentaires utiles au conseil et/ou au programme « Recherche & Développement » de l'ARP :

- Cartographie GPS et création d'un parcellaire géoréférencé ;
- Diagnostic floristique de chaque parcelle ;
- Prélèvement d'échantillons de sols pour analyse de sol (pH, CEC, azote, carbone, phosphore, potassium ...) ;
- Prélèvements d'herbe pour analyse de la valeur alimentaire ou de l'indice de nutrition (azote, phosphore, potassium).

L'ARP avait demandé aux éleveurs de notifier leurs interventions dans un planning fourrager, afin de pouvoir les analyser et les recouper avec les résultats du suivi. Cependant, cela n'a pas été mis en œuvre par les éleveurs.

- *Conditions de validité des mesures*

Pour le suivi de la croissance, tout comme pour les Observatoires métropolitains, de trop fortes intempéries, la présence d'animaux sur la parcelle ou le travail de la parcelle (fauche, engrais, traitement, etc.), annule la prise de mesure sur cette dernière. Un code de validation des données a été mis en place : 0, les animaux pâturent sur la parcelle ; 1, données validées ; 2, données rejetées (potentiel biais dû par exemple à l'opérateur, au climat, à un suivi trop espacé dans le temps, etc.).

Concernant le suivi densité, il est essentiel de faire tourner les parcelles de prélèvements à chaque passage afin de faire varier le type d'échantillon prélevé (couvert végétal très diversifié avec graminées tropicales et tempérées ou au contraire monospécifique, hauteur d'herbe, période de retour sur la parcelle des animaux, etc.). Ainsi un maximum de possibilités peut être analysées puis comparées.

De plus, lorsque le quadra est envoyé aléatoirement, il faut veiller à ce qu'il ne tombe pas dans une zone non représentative avec par exemple un excès d'adventice ou du piétinement.

- *Enregistrement des données*

Comme dit précédemment, la croissance de l'herbe nécessite un suivi hebdomadaire tandis que les prélèvements de densité peuvent s'effectuer tous les 15 jours.

L'ensemble des données terrain est noté dans un carnet de suivi puis le tout est enregistré dans une base de données ACCESS®.

La base de données de saisie de l'Observatoire contient 8 tables :

- Exploitation (nom et localisation de l'exploitation)
- Station Météo (nom et localisation des stations météo)
- Paramètre Météo (température, pluviométrie, rayonnement, bilan hydrique)
- Parcelles (identifiant, localisation, surface, altitude, sol)
- Densité (date de mesure, hauteurs d'herbe, rendement, matière sèche, densité)
- Fourrages (composition de l'herbe prélevée : matière sèche, matière azoté totale, Van Soest, cellulose, digestibilité)
- Croissance (date de mesure, hauteur et  $\Delta$  hauteur d'herbe, densité, matière sèche, indicateur validité)
- Sols (date de mesure, composition : N, P, K, C, Ca, Mg, Na, CEC)
- Composition floristique (date de mesure, taux recouvrement 24 espèces fourragères différentes)

Ci-dessous sont présentées les données enregistrées lors des deux suivis.

Suivi de la croissance :

jj/mm/aaaa : Date du suivi précédent

Hauteurs d'herbe jour de prélèvement

He\_x : Hauteur d'herbe en entrée j (en pouces)

He\_cm : Hauteur d'herbe en entrée j (en centimètres)

Hs\_x : Hauteur d'herbe en sortie j (en pouces)

Hs\_cm : Hauteur d'herbe en sortie j (en centimètres)

Hauteurs d'herbe de la semaine précédant le prélèvement

He\_x : Hauteur d'herbe semaine précédente en entrée j - 7 (en pouces)

He\_cm : Hauteur d'herbe en entrée j - 7 (en centimètres)

Hs\_x : Hauteur d'herbe en sortie j - 7 (en pouces)

Hs\_cm : Hauteur d'herbe en sortie j - 7 (en centimètres)

Code de validation : 0 ; 1 ; 2

Potentiels remarques : en cours de pâturage, fertilisation, cycle de végétation, etc

Suivi de la densité :

jj/mm/aaaa : Date du suivi précédent

He\_x : Hauteur d'herbe en entrée (en pouces)

He\_cm : Hauteur d'herbe en entrée (en centimètres)

Hs\_x : Hauteur d'herbe en sortie (en pouces)

Hs\_cm : Hauteur d'herbe en sortie (en centimètres)

S1p\_g : Poids du sac de prélèvement du quadra (en grammes)

Qpv\_g : Poids en vert de l'échantillon et du sac (en grammes)

S2p\_g : Poids du sachet perforé du sous échantillon (en grammes)

SEpv\_g : Poids en vert du sous échantillon et du sac (en grammes)

SEps\_g : Poids sec du sous échantillon et du sac (en grammes)

$\Delta H_{cm}$  : Différence entre la hauteur d'entrée et de sortie (en centimètres)

• *Les principes de calcul*

Après récupération de toutes ces données, des indicateurs sont calculés. Ils visent à aider les éleveurs à mieux raisonner les surfaces prairiales selon trois niveaux : le pâturage (chargement (en UGB/ha) et croissance de l'herbe (en kg MS/ha/j)), la fertilisation (indices NPK) et la pérennité des pâturages (composition floristique) (Blanfort, 1995).

Exemple d'indicateurs :

**Croissance de l'herbe** (kg MS/ha/j) = ( $\Delta H$  (cm) \* Densité (kg MS/ha/cm)) / Nombre de jour écoulé depuis la dernière mesure (j)

**Jours d'avance de pâturage** (kg MS/ha) = ( $\Delta H$  (cm) \* surface (ha)) / besoins journaliers animaux (kg MS/j)

**Matière sèche** (%MS) = (SEps\_g - S2p\_g) / (SEpv\_g - S2p\_g) \* 100

**Biomasse disponible** (kg MB/ha) =  $\Delta H$  (cm) \* densité d'herbe en vert (kg MB/cm/ha)

**Biomasse sèche** (kg MS/ha) =  $\Delta H$  (cm) \* densité d'herbe sèche (kg MS/ha/cm)

**Densité d'herbe en vert** (kg MB/cm/ha) = Biomasse disponible (kg MB/ha) /  $\Delta H$  (cm)

**Densité d'herbe sèche** (kg MS/ha/cm) = Biomasse sèche (kg MS/ha) /  $\Delta H$  (cm)

### C. Les entretiens (données émiques et étiques)

L'approche utilisée dans les entretiens se fait selon différents niveaux : **(1)** un niveau global où le but est de comprendre les choix stratégiques de l'éleveur (place de l'élevage dans l'exploitation, moyens de production) ; **(2)** comprendre l'organisation dans l'espace et dans le temps du système fourrager et de la conduite du troupeau ; **(3)** au niveau du stock spécifiquement (opinion de l'éleveur et quantification).

C'est dans ce cadre que j'ai rencontré dix éleveurs de l'Observatoire.

La prise de rendez-vous s'est effectuée par téléphone. La discussion se faisait soit sur l'exploitation soit directement chez l'éleveur. Les entretiens, tous individuels, ont duré entre 20 minutes et 2 heures suivant le protocole ci-dessous :

- Présentation de mon stage ;
- Remerciement pour le temps accordé ;
- Précision sur l'enregistrement de la discussion et l'anonymat de l'enquête.

Parfois, l'éleveur débutait lui-même la conversation, il suffisait donc de dérouler le fil conducteur. Autrement, une question orientée sur l'Observatoire était posée du type :

- Comment l'ARP est rentrée en contact avec toi ?
- Que penses-tu du suivi de l'Observatoire ?

Les points à aborder étaient les suivants :

- Son exploitation (cheptel, hectares de pâture, alimentation, fertilisation, ses objectifs futurs) ;
- Observatoire de la Pousse de l'Herbe (suivi, support, formation/animation).

Le but était de :

- Connaître leur avis sur le suivi de l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe ;
- Savoir s'ils étaient prêts à faire évoluer leur gestion d'exploitation ;
- Savoir s'ils avaient assisté à des animations/formations de l'ARP.

De plus, j'ai eu l'occasion de rencontrer certains éleveurs deux fois avec l'ARP. Maëva MIRALLES-BRUNEAU et Yoann PELLIER ont effectué une restitution à quelques éleveurs pour leur présenter un bilan annuel du suivi de l'Observatoire. Lors de ces réunions un classeur regroupant l'ensemble des documents générés suite aux diverses analyses effectuées depuis 2017 (analyse de sol, analyse de fourrage, bilan floristique et compte rendu hebdomadaire de la pousse de l'herbe (annexe 2)) était présenté aux éleveurs. Pendant ces discussions je me plaçais en tant qu'observatrice et je prenais en note le comportement de l'éleveur par rapport aux informations qu'il recevait de la part de l'ARP.

### III. Analyse de données

#### A. Traitement de la base de données

Quelle que soit l'analyse de données souhaitée, il est essentiel de passer par une phase d'exploration afin de valider les données qui vont être traitées. Ce prétraitement a pour but de d'éliminer du jeu de données des valeurs qui pourraient nuire à l'analyse (données manquantes, données jugées aberrantes, etc.).

Dans le tableau 3 ci-dessous sont présentées les différentes étapes constituant la mise en forme des données.

*Tableau 3. Détails des différentes étapes composant la mise en forme de la base de données de l'Observatoire.*

<b>SUPPRESSION DES VALEURS MANQUANTES</b>		
<b>Nombre de données totales avant nettoyage</b>		<b>2704</b>
Biomasse quadrat verte (Qpv_g)	127	
Echantillon fourrage vert (SEpv)	162	
Echantillon fourrage sec (SEps)	230	
		2473
<b>SUPPRESSION DES VALEURS EXTRÊMES</b>		
Hauteur en entrée < 5 cm et > 20 cm (He)	314	
Hauteur en sortie > 15 cm (Hs)	3	
Différence entre He et Hs < 0 ( $\Delta H$ )	1	
Taux de MS $\geq 0.1$ et $\leq 0.5$ ; Densité infinie	21	
Valeurs extrêmes (+/- deux quartiles) pour chaque densité/ mois/exploitation (Defrance <i>et al.</i> , 2004)	91	
Densité > 900 kg de MS/ha/cm	7	
		2036
<b>PAS ASSEZ D'OBSERVATIONS</b>		
Retrait de l'année 2020 ; Données de mars à août 2019	41	
Retrait de l'ODH 9	10	
<b>Nombre de données réellement traitées après nettoyage</b>		<b>1985</b>

Les choix répertoriés dans le tableau 3 ont été décidés après la réalisation de plusieurs analyses univariées. Cette phase consiste à étudier chaque variable les unes après les autres afin d'en connaître les principales caractéristiques et d'en repérer certaines anomalies.

Par exemple, représenter les variables quantitatives sous forme de boîte à moustache permet de repérer des valeurs très particulières.

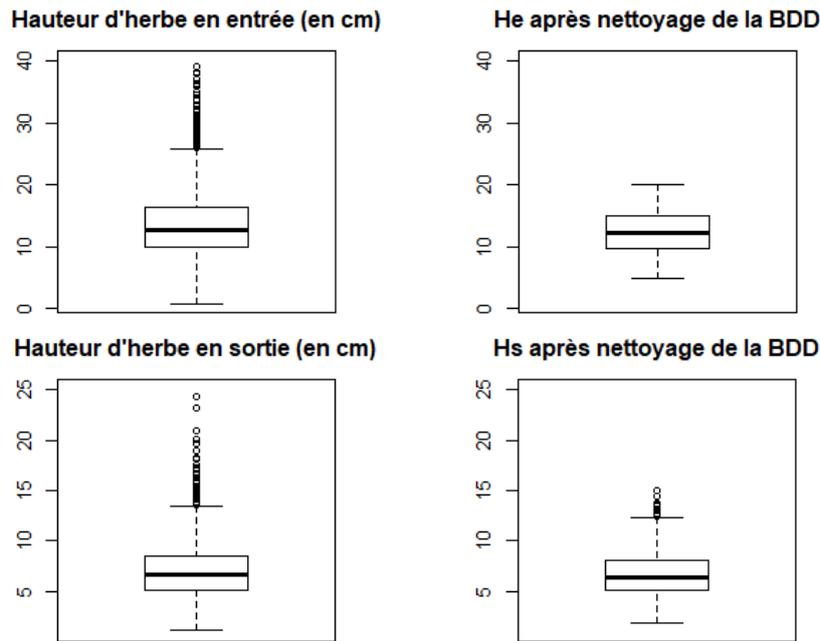


Figure 9. Boîte à moustache des hauteurs d'herbe en entrée et en sortie, avant et après nettoyage de la base de données.

La figure 9 montre la nouvelle répartition des hauteurs d'herbe suite au nettoyage des valeurs. Ont été éliminé :

- Les valeurs manquantes.
- Les hauteurs d'herbe en entrée inférieures à 5 cm : le protocole de mesure de densité indique qu'il est nécessaire de prélever toute la biomasse supérieure à 5 cm. En effet, sur de faibles hauteurs d'herbe de la terre peut se retrouver collée aux brins, or aucun rinçage n'est fait avant de placer le sous échantillon à l'étuve. Le poids sec obtenu est donc potentiellement supérieur au poids réel de l'herbe. De plus, la probabilité de prélever essentiellement le tapis<sup>7</sup> de kikuyu est beaucoup plus importante. La densité obtenue serait donc biaisée. Il est également rare que les éleveurs fassent pâturer en dessous de 5cm, le risque étant d'abîmer la prairie.
- Les hauteurs d'herbe en sortie supérieures à 15 cm : le protocole indique qu'il est nécessaire de prélever toute la biomasse supérieure à 5 cm, une hauteur en sortie supérieure à 15 cm est donc trop écartée du protocole. De plus, l'herbomètre n'est pas considéré comme fiable au-delà de 20 cm (RMT Prairie, 2019).
- Les différences entre hauteurs (sortie - entrée) inférieures à 0 : ce type de données est considérée comme étant une erreur de mesure, de saisie ou de calcul dans la base de données.
- Les taux de matière sèche inférieurs à 0,1 % et supérieurs à 0,5 % : valeurs aberrantes, représentées par très peu d'observation dans la base de données.
- Les densités infinies : elles sont liées à la formule de calcul de la densité.
- Les valeurs extrêmes à plus ou moins deux quartiles : c'est la méthode interquartile qui permet de remédier aux inconvénients de l'étendue des valeurs. Sont gardées uniquement les valeurs comprises entre le premier quartile et le troisième quartile.
- Les densités supérieures à 900 kg de MS/ha/cm : après discussion avec Luc DELABY, chercheur à l'INRA, ces densités ont été jugées aberrantes.

<sup>7</sup> Le kikuyu est une plante rhizomateuse et stolonifère constituant un tapis très dense. Si ce dernier est trop épais, il empêche l'herbomètre d'atteindre le sol, faussant alors la mesure de hauteur d'herbe.

Après nettoyage, les données suivent quasiment une loi normale (voir figure 10). L'écart entre la distribution observée (courbe noire) et une distribution normale (courbe bleue) n'a pas été jugé suffisant au point d'imposer une transformation logarithmique de la variable.

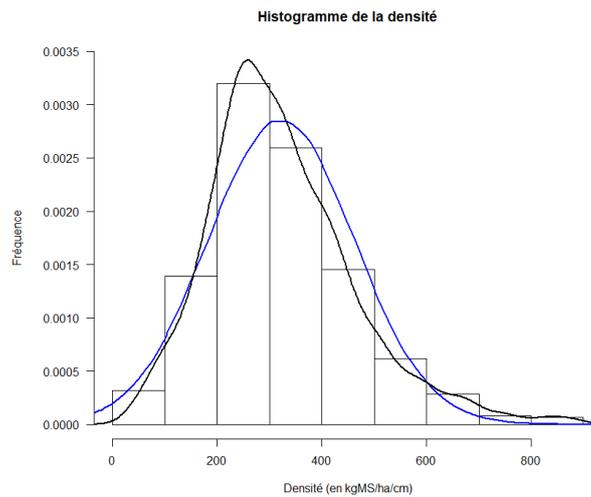


Figure 10. Histogramme des effectifs de densité.

## B. Description des différents facteurs

L'analyse a requis une mise en classe préalable de certaines données afin d'obtenir des variables explicatives qualitatives.

Les variables pouvant expliquer les variations de densité sont **la zone, le couvert végétal ou l'espèce, l'exploitation, le tapis, la hauteur d'herbe, le taux de matière sèche, la météo via le mois ou la saison** et enfin **l'année**.

### ➤ Facteur zone

Il a été déterminé au début du projet par l'ARP. Il se base sur les conditions météorologiques et l'altitude. La région des Hauts de l'Ouest a un climat bien différent de celui des Plaines ou du Sud. Concernant ces deux dernières zones, c'est l'altitude qui prédomine sur le climat (voir tableau 4).

Tableau 4. Composantes du facteur zone.

ZONE	EXPLOITATION	CLIMAT	ALTITUDE
Hauts de l'Ouest (HO)	ODH2, ODH4, ODH5	Chaud et sec	1100-1400m
Plaines (PL)	ODH1, ODH6, ODH7, ODH9, ODH10	Frais et pluvieux	1600m
Sud (SD)	ODH3, ODH8	Frais et très pluvieux	700-1100m

➤ **Facteur couvert végétal**

Deux approches ont été étudiées.

Initialement, le facteur espèce a été estimé à l'aide des taux de couverture de 24 espèces<sup>8</sup>.

Dans une première approche, on a considéré uniquement la **proportion de kikuyu** dans le couvert herbacé (kikuyu versus l'ensemble des autres espèces), dans la mesure où le kikuyu est l'espèce la plus commune des prairies réunionnaises.

Plusieurs mises en classes ont été testées : kikuyu > 90% ; kikuyu > 80% ; kikuyu > 70% ; kikuyu > 60% ; kikuyu > 50%. Cependant, aucune différence de densité n'a été observée lorsque l'on fait varier la proportion de kikuyu de 100% à 50% (Tableau 5).

*Tableau 5. Densité de l'herbe en fonction de la proportion de kikuyu dans le couvert herbacé.*

% Kikuyu > x	Densité (en kg de MS/ha/cm)	
	Kikuyu (% ≥ x)	Kikuyu – tempérées (% < x)
Kikuyu > 90	323	322
Kikuyu > 80	323	322
Kikuyu > 70	322	323
Kikuyu > 60	322	323
Kikuyu > 50	322	323

Dans une seconde approche, on a caractérisé le couvert herbacé en utilisant les différents **diagnostics floristiques** réalisés depuis 2017, et qui donnent les taux de couverture moyens de chacune des espèces fourragères présentes (à l'exception des adventices) dans chacune des parcelles de l'étude.

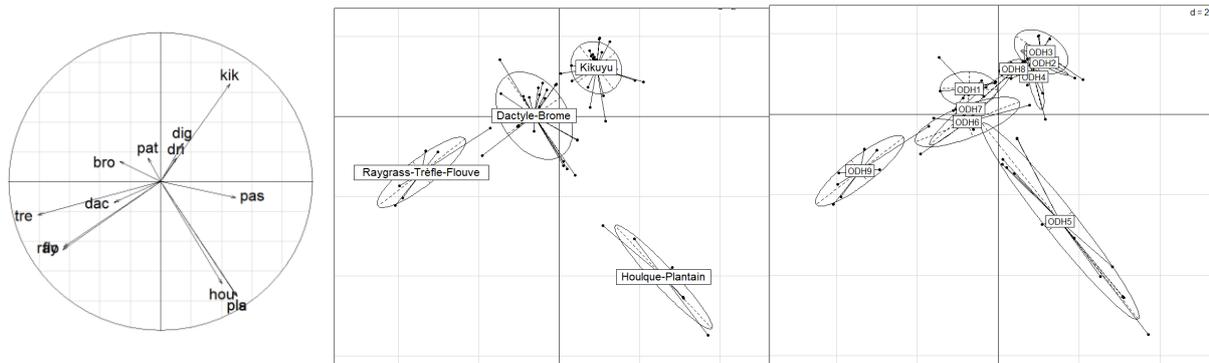
Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur un tableau croisant en ligne les 78 parcelles étudiées et en colonne les 24 espèces végétales recensées, indiquant le taux de couverture de chaque espèce dans chaque parcelle en pourcentage (0 si l'espèce était absente). Une classification ascendante hiérarchique sur les coordonnées des projections des 78 relevés sur les principaux axes de l'ACP (Figure 11) a conduit à identifier 4 groupes majoritairement représentés par : 1. Dactyle-Brome (ODH1, ODH6, ODH7), 2. Kikuyu (ODH2, ODH3, ODH4, ODH8), 3. Houlque - Plantain (ODH5) et 4. Ray-grass - Trèfle blanc - Flouve odorante (ODH9).

Avec cette approche, les différences de densité entre les groupes sont légèrement plus marquées (Tableau 6). Aucune valeur n'est affichée pour le groupe Ray-grass – Trèfle - Flouve qui est représenté uniquement par l'exploitation ODH9. Cette dernière ayant intégré l'Observatoire récemment, le suivi de densité n'a pas encore été mis en place.

*Tableau 6. Densité de l'herbe en fonction des graminées tempérées dans le couvert herbacé.*

	Nombre de parcelles	Densité (en kg de MS/ha/cm)
<b>Dactyle - Brome</b>	29	327
<b>Kikuyu</b>	33	320
<b>Houlque – Plantain</b>	7	329
<b>Ray-grass – Trèfle - Flouve</b>	9	NA

<sup>8</sup>kikuyu, dactyle, brome, ray-grass, trèfle blanc, chloris, paspalum, plantain, flouve odorante, houlque laineuse, desmodium, vesce, pâturin des près, pissenlit, digitaria, drimaria, oxalis, rumex, marierinté, jonce, sida, cyperacea, dicotylédone, cynodon.



\* le kikuyu restant majoritaire dans les quatre classes

Kik : kikuyu / Dac : dactyle / Bro : brome / Ray : ray-grass / Tre : trèfle blanc / Pas : paspalum / Pat : pâturin des prés / Flo : flouve odorante / Hou : houlque laineuse / Pla : plantain / Pis : pissenlit / Dig : digitaria / Dri : drimaria

Figure 11. Analyse en Composantes Principales pour déterminer les catégories de couverts végétaux des 9 exploitations. De gauche à droite : plans factoriels 1-2, projections des variables, des points rassemblés par type de couvert, des points rassemblés par exploitation.

### ➤ Facteurs exploitation et parcelle

Ils sont considérés comme des facteurs aléatoires étant donné que les pratiques de chaque élevage n'ont pas été étudiées (fertilisation, chargement etc.). L'analyse statistique a porté sur 8 exploitations et 69 parcelles. L'ODH 9 et 10 ont été retirés lors de la mise en forme des données car elles ne possédaient pas assez, voire aucune, mesures.

### ➤ Facteur tapis de stolons

C'est un facteur spécifique à la Réunion, par rapport aux observatoires de métropole, qui est lié à la physiologie du kikuyu et à sa prédominance dans les prairies réunionnaises. Cette graminée possède un port rampant qui s'enracine à chaque nœud tous les 3 à 5 cm et qui peut former un gazon épais appelé « tapis » (Michellon et Techer, 1996).

La présence de ce tapis est fortement liée à la gestion de la prairie (chargement, hauteurs de pâturage, etc.). De plus, celui-ci semble avoir un impact sur la densité, c'est pourquoi il est important de l'intégrer dans l'étude, afin de bien apprécier le stock d'herbe présent sur la prairie.

Dans l'étude, le facteur tapis a été renseigné par l'ARP en fonction de chaque exploitation. Ainsi, on retrouve dans les parcelles des exploitations suivantes un tapis de kikuyu : ODH2, ODH4, ODH5, ODH8.

Parmi ces quatre exploitations, trois appartiennent à la zone des Hauts de l'Ouest, secteur où il est dans les pratiques de maintenir un tapis afin d'assurer un « stock » d'herbe de sécurité pour la saison sèche. En effet, en cas de manque d'herbe, les animaux vont consommer les stolons.

### ➤ Facteur hauteur d'herbe en entrée et teneur en matière sèche

Suite aux différentes lectures bibliographiques, le facteur hauteur d'herbe a été retenu, tout comme la teneur en matière sèche des fourrages. Ces deux variables continues seront représentées par plusieurs catégories, présentées dans la partie résultat, afin de faciliter l'analyse.

### ➤ Facteur saison

Le facteur saison a été déterminé selon deux catégories : une saison pluvieuse de janvier à juin et une saison sèche de juillet à décembre.

### ➤ Facteur année

Il permet d'observer les variations entre années. Or, ici certaines données manquantes ou insuffisantes empêchent une comparaison globale des trois années. Il est tout de même possible de réaliser une comparaison interannuelle :

- d'octobre à décembre pour les trois années (2017, 2018, 2019) ;
- en janvier, février et septembre pour 2018 et 2019.

*Tableau 7. Nombre de données de densités valides pour l'analyse par mois et par année.*

	2017	2018	2019
<b>Janvier</b>	0	62	164
<b>Février</b>	0	81	83
Mars	0	82	0
Avril	0	102	0
Mai	0	184	0
Juin	0	120	0
Juillet	0	94	0
Août	0	169	0
<b>Septembre</b>	0	66	44
<b>Octobre</b>	66	188	64
<b>Novembre</b>	110	80	41
<b>Décembre</b>	67	110	15

## C. Modélisation statistique

Le modèle mixte permet d'expliquer la variable aléatoire réponse au moyen de diverses variables explicatives (cf tableau 8), certaines étant aléatoires (effets aléatoires) et d'autres ne l'étant pas (effets fixes).

Chaque interaction doit avoir une hypothèse. Les interactions envisagées sont les suivantes :

- Densité ~ mois
- Densité ~ année
- Densité ~ zone
- Densité ~ proportion de kikuyu
- Densité ~ tapis de stolons
- Densité ~ hauteur d'herbe
- Densité ~ teneur en matière sèche
- Mois ~ tapis de stolons
- Hauteur d'herbe ~ tapis de stolons
- Teneur en matière sèche ~ tapis de stolons

Elles seront présentées dans les résultats puis discutées.

Les variables explicatives envisagées sont les suivantes :

*Tableau 8. Récapitulatif des variables et de leurs modalités.*

VARIABLE	MODALITÉS	N	RÉFÉRENCE
<b>Année</b>	2017 2018 2019	243 1332 410	2018
<b>Mois</b>	1 - 12	225 164 82 102 184 120 94 169 110 313 231 191	Janvier
<b>Saison</b>	Jan - Juin Juil - Déc	877 1108	Jan-Juin
<b>Zone</b>	Sud Hauts de l'Ouest Plaine des Cafres	688 675 622	Sud
<b>Couvert végétal</b>	Kikuyu (> 70 %) Kikuyu tempérées (< 70 %)	1221 764	Kikuyu
<b>Tapis</b>	Sans tapis Avec tapis	985 1000	Sans tapis
<b>Hauteur d'herbe</b>	< 13 cm > 13 cm	1128 857	< 13 cm
<b>Taux de matière sèche</b>	< 20 % ]20, 30] % > 30 %	817 944 224	< 20 %
<b>Exploitation Parcelle</b>	ODH1 - ODH8 P01 - P69	8 69	Effets aléatoires

La variable à expliquer est la densité, en kg de MS/ha/cm.

La démarche statistique a été la suivante :

1. Dans un premier temps, les interactions entre variables explicatives prises deux à deux ont été examinées graphiquement ; seules les interactions significatives et pour lesquelles une explication pouvait être donnée ont été retenues.
2. Dans un deuxième temps, l'influence de chacune des variables explicatives sur la densité est examinée. Les variables pour lesquelles l'effet n'est pas significatif au seuil de 5% ont été écartées.
3. Un modèle linéaire mixte a ensuite été implémenté, incluant.
  - Deux effets aléatoires emboîtés, l'effet de l'exploitation et l'effet de la parcelle au sein de chaque exploitation ;
  - Les variables explicatives et les interactions (à l'issue des phases précédentes) en effets fixes.
4. Les variables et les interactions non significatives au seuil de 5% ont été écartées.
5. L'hétéroscédasticité (stabilité de la variance de résidus en fonction des valeurs prédites) a été testée en comparant un modèle avec et sans modélisation de la variance.
6. Les diagnostics du modèle ont été effectués avant validation finale : distribution gaussienne et stabilité de la variance des résidus.
7. Les effets aléatoires du modèle final ont été examinés

8. Les valeurs prédites par le modèle pour chacune des combinaisons des effets fixes ont été calculées et une table abaque des densités prédites a été élaborée.

L'ensemble des analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2020), et notamment les bibliothèques nlme, emmeans, ade4, ggplot2 et pivottabler.

#### **D. Hypothèse de l'étude**

Après avoir décrit l'ensemble des facteurs, des hypothèses peuvent être émises.

H0 : La différence de densité de l'herbe entre une modalité  $i$  et la modalité de référence = 0.

H1 : La différence de densité de l'herbe entre une modalité  $i$  et la modalité de référence  $\neq 0$ .

Pour répondre à cette hypothèse, l'ensemble des densités de l'herbe des facteurs décrit ci-dessus vont être comparés.

# RÉSULTATS

Dans cette partie les résultats de cette étude vont être présentés. Dans un premier temps, les différents graphiques obtenus suite à l'analyse statistique seront décrits. Dans un second temps, les différents avis des éleveurs sur le suivi effectué par l'Observatoire sera abordé.

## I. Densité

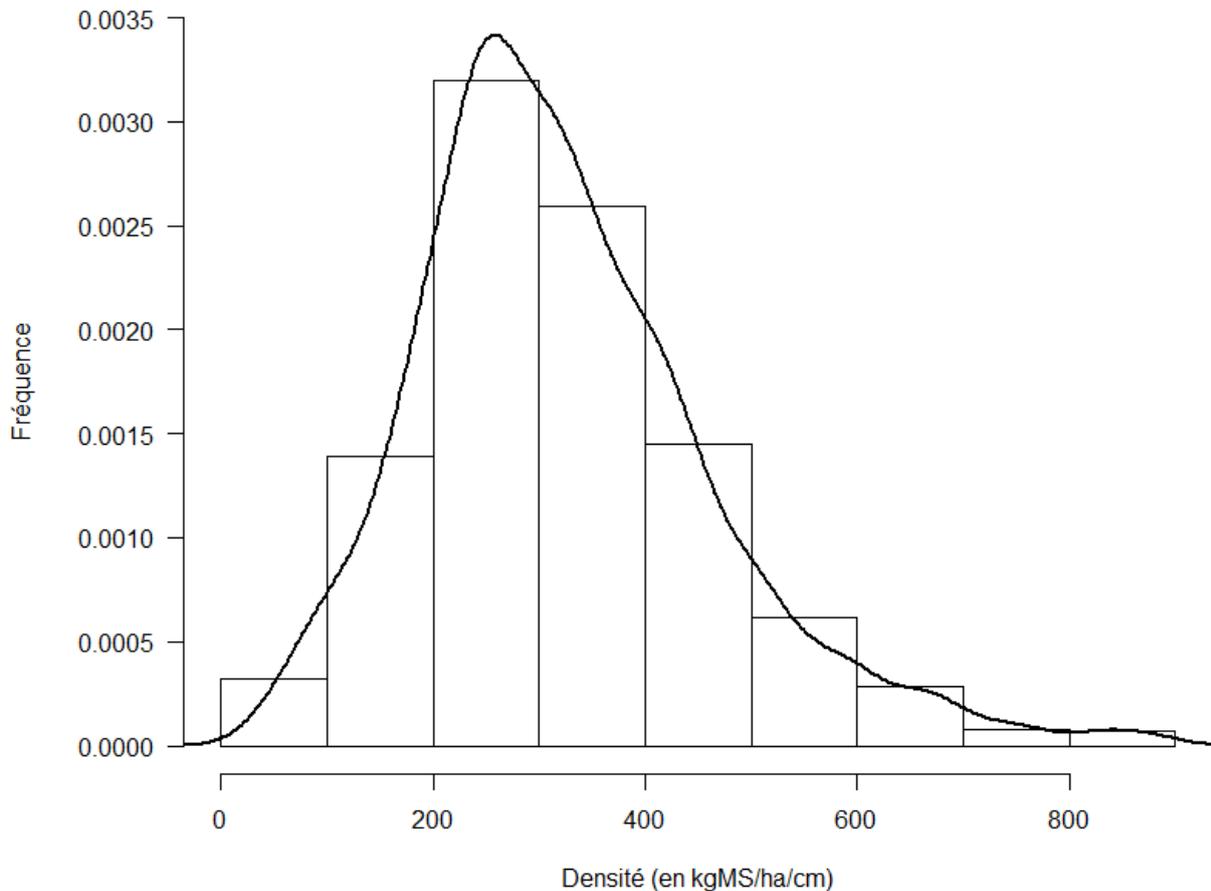


Figure 12. Histogrammes des densités après nettoyage des données. La courbe noire représente la ligne de distribution ajustée.

La figure 12 permet de représenter la répartition de la densité de l'herbe. On constate qu'il existe toujours une grande variabilité au niveau de ce paramètre même après un nettoyage des données. Les valeurs de densité les plus courantes sont comprises entre 200 et 400 kg de MS/ha/cm et la dispersion des données s'étend de 0 à presque 900 kg de MS/ha/cm.

Cette étude a pour objectif d'évaluer quels sont les facteurs qui influencent la densité de l'herbe. Dans les paragraphes suivants, les interactions étudiées entre les différents facteurs vont être décrites.

## II. Hauteur d'herbe et taux de MS

Les variables hauteur d'herbe et taux de matière sèche sont continues. L'examen de la relation entre ces variables et la densité permet de définir des variables qualitatives (classes de densité). Dans cette partie il s'agit d'explicitier la mise en classe de ces deux variables.

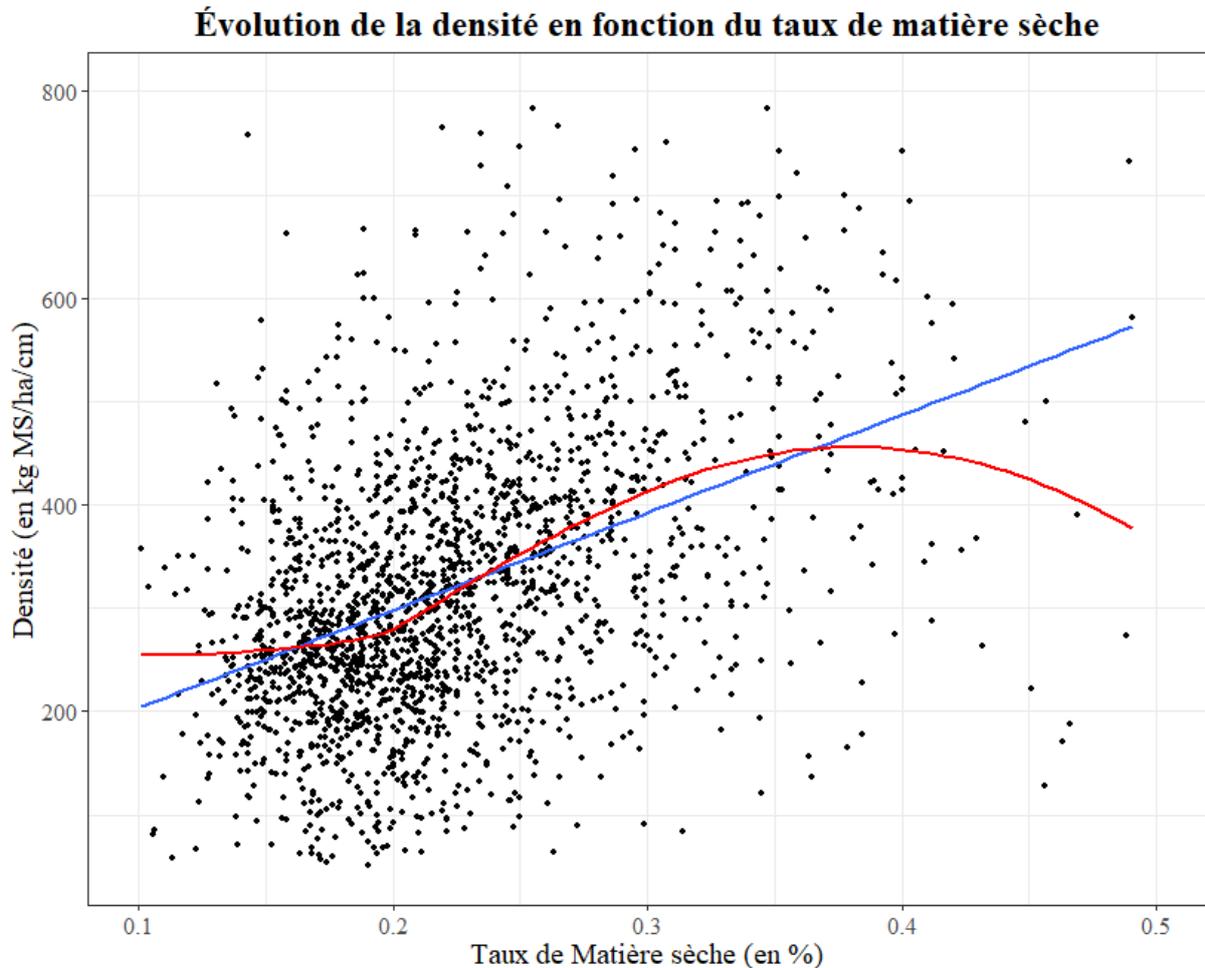


Figure 13. Évolution de la densité de l'herbe en fonction du taux de matière sèche.

La figure 13 montre l'évolution des densités en fonction de la teneur en matière sèche de l'herbe. La densité semble corrélée positivement à la teneur en matière sèche, lorsque cette dernière augmente, la densité de l'herbe croît également. On remarque que la majorité des mesures de densité réalisées depuis la création de l'Observatoire enregistre un taux de matière sèche compris entre 10% et 30%. Les catégories de taux de matière sèche définies pour l'analyse statistique des densités ont été choisies de façon arbitraire :

Tableau 9. Effectifs des trois groupes du taux de matière sèche.

	$\leq 20\%$	$] 20 ; 30 ]\%$	$> 30\%$
Effectifs	817	944	224

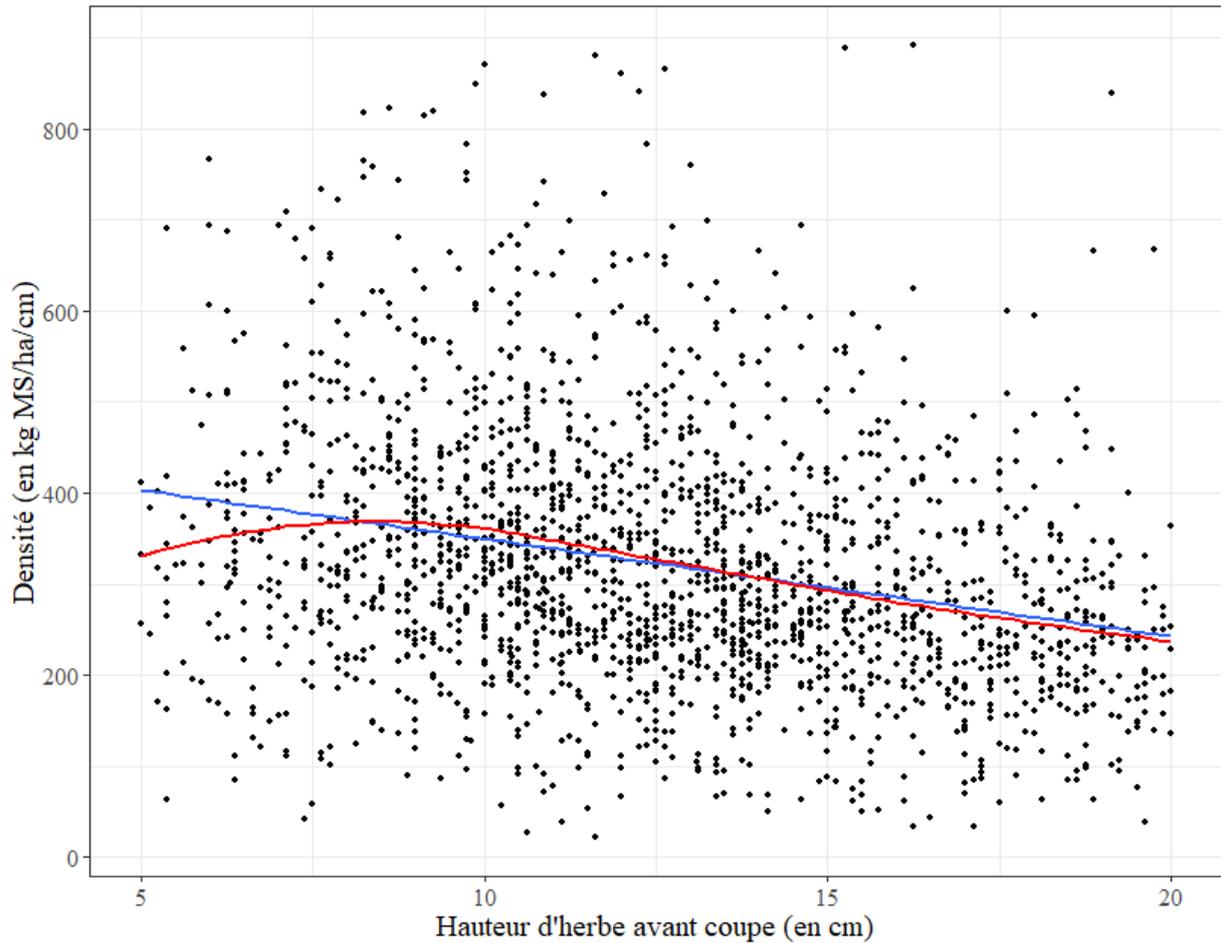


Figure 14. Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la hauteur d'herbe.

La figure 14 montre l'évolution des densités en fonction de la hauteur d'herbe avant coupe. La densité de l'herbe tend à la baisse plus la hauteur d'herbe avant coupe est importante. De façon arbitraire, la valeur médiane a été choisie pour délimiter les classes. Les catégories définies pour l'étude des densités de l'herbe sont :

Tableau 10. Effectifs des groupes de hauteur d'herbe.

	$\leq 13$ cm	$> 13$ cm
Effectifs	1128	857

### III. Profil général de la variation de la densité de l'herbe

Un plan d'observation a été réalisé afin de donner une vision générale de la variation de la densité en fonction des facteurs et leurs modalités, pris un à un. Pour plus de clarté, les facteurs couvert herbacé, année et saison n'ont pas été ajoutés. Le facteur saison se retrouve dans le facteur mois. En effet, on observe que les mois compris entre janvier et juin (saison des pluies) se situent en dessous de la ligne horizontale représentant la densité de l'herbe moyenne, tandis que les mois compris entre juillet et décembre (saison sèche) sont au-dessus. Concernant le couvert herbacé, on a observé une différence de densité très faible lorsque la proportion de kikuyu varie (tableau 5) ou bien avec la présence de graminées tempérées (tableau 6). Enfin, effectuer une comparaison interannuelle sur toute l'année ne serait pas judicieux en raison du manque de données que l'on retrouve pour certaines années (tableau 7).

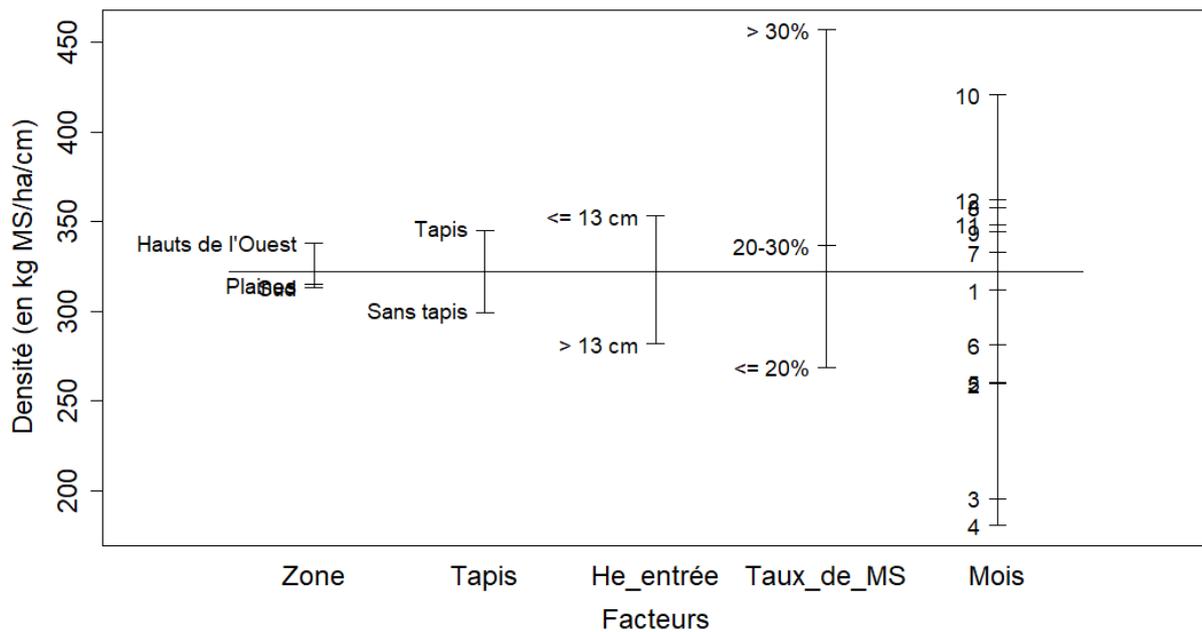


Figure 15. Écarts de densité entre les différentes modalités de chaque facteur.

Sur la figure 15, la ligne horizontale représente la densité moyenne annuelle calculée à partir des données issues des observations de la base de données de l'ARP/CIRAD, elle équivaut à 325 kg de MS/ha/cm. On peut faire les remarques suivantes :

- (1) Les Hauts de l'Ouest ne se distinguent pas des deux autres zones vu le peu d'écart ;
- (2) Le facteur mois impacte grandement la densité de l'herbe ;
- (3) La présence d'un tapis de kikuyu augmente la densité de l'herbe ;
- (4) Plus le taux de matière sèche est élevé plus la densité de l'herbe augmente ;
- (5) Plus l'herbe est courte, plus la densité de l'herbe est élevée.

## A. Profil détaillé de la variation de la densité de l'herbe par facteur

### ➤ Lien densité - mois & année

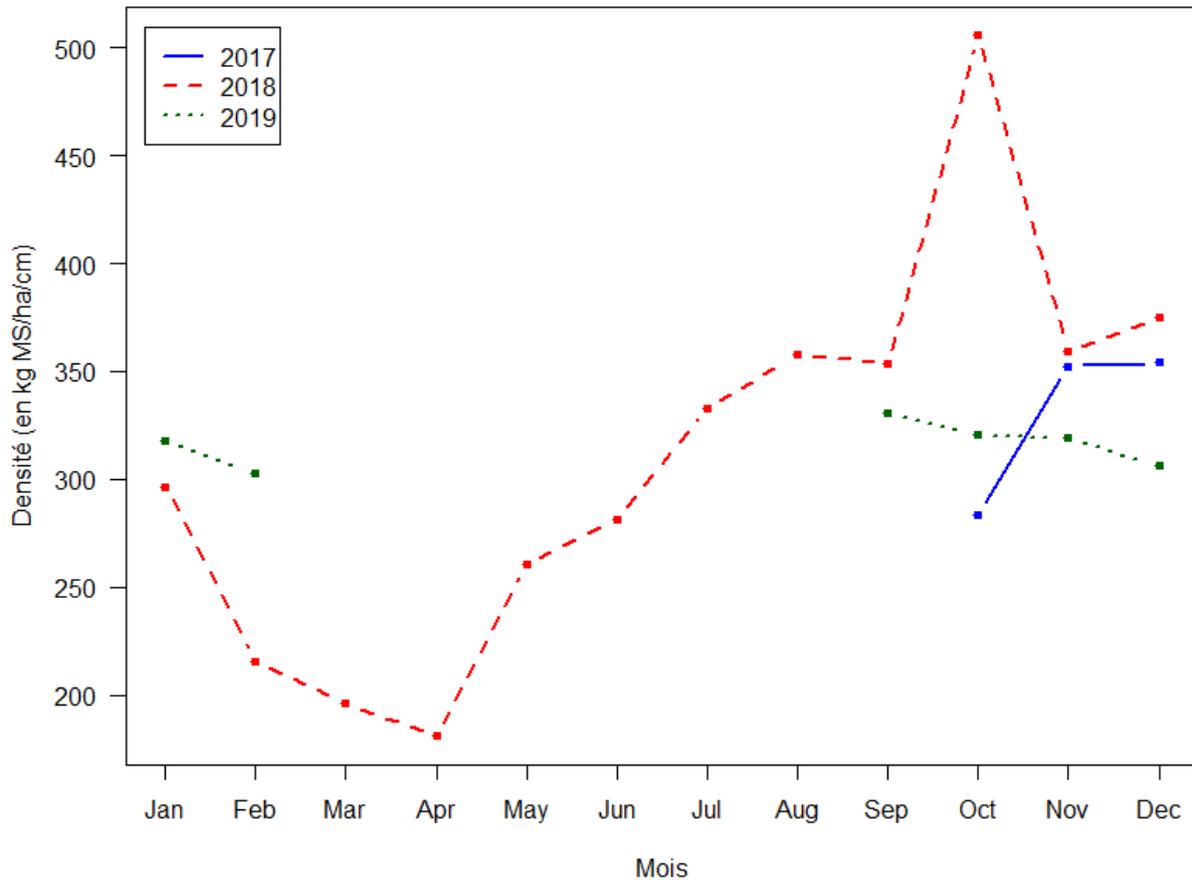


Figure 16. Évolution de la densité mensuelle de l'herbe par année.

La figure 16 montre l'évolution de la densité de l'herbe en fonction du mois pour chacune des années. L'Observatoire ayant été créé en octobre 2017, il n'y a pas de données pour le début d'année. On observe une diminution de la densité les quatre premiers mois de l'année 2018, avec une densité de l'herbe minimale pour le mois d'avril (181 kg de MS/ha/cm). Puis il y a une augmentation jusqu'au mois d'août et enfin une stagnation de septembre à décembre. On remarque un pic de densité de l'herbe pour le mois d'octobre 2018 de 506 kg de MS/ha/cm. Finalement, seule l'année 2018 est complète, une comparaison interannuelle n'est donc pas possible. Lors de l'analyse statistique c'est le mois qui sera intégré dans le modèle pour plus de précision.

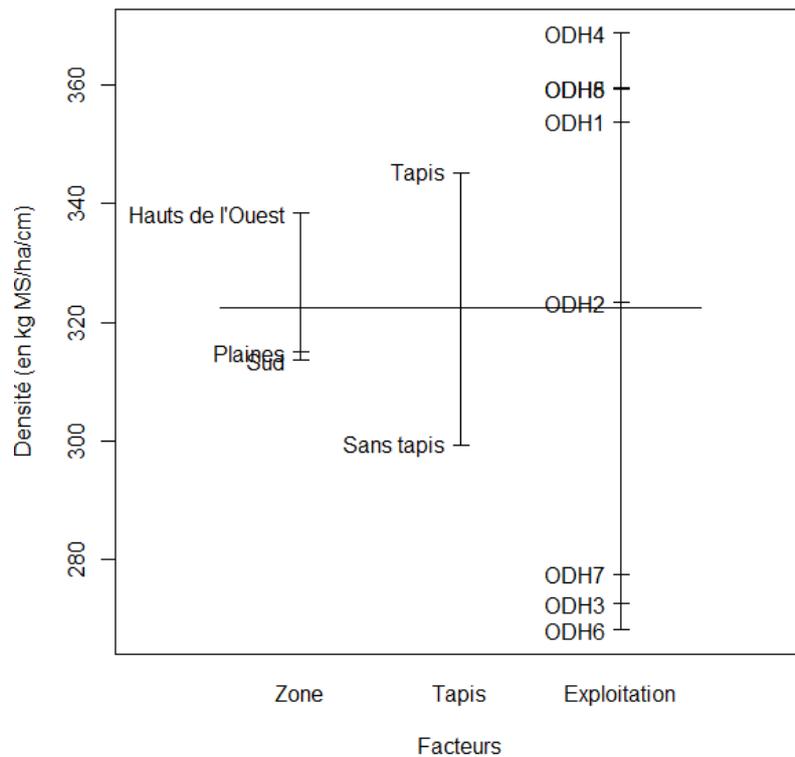


Figure 17. Plan d'observation en octobre 2018.

La réalisation d'un plan d'observation uniquement pour le mois d'octobre 2018 montre bien le fait que les densités élevées correspondent aux exploitations des Hauts de l'Ouest, c'est-à-dire ODH2, ODH4 et ODH5. Ces trois exploitations possèdent un épais plateau de tallage (stolons) dans les parcelles fourragères, appelé tapis, qui impacte fortement sur la densité. Ainsi, lors de l'analyse statistique il faudra faire un choix entre intégrer le facteur tapis ou intégrer le facteur zone, pour éviter les potentiels biais d'interprétation.

#### ➤ Lien densité - zone & tapis

Le lien densité – zone et tapis a été étudié car on suppose que la densité varie en raison de contextes différents comme par exemple, les pratiques d'exploitation, le pédoclimat ou encore la végétation. La zone et le tapis sont liés étant donné que toutes les exploitations des Hauts de l'Ouest possèdent un tapis. Le tapis de stolons est dû au mode de gestion des exploitants comme par exemple, le chargement, l'intensification de pâturage, ou bien le « stock sur pied » de sécurité pour la saison sèche. On suppose que ce tapis influence la densité de l'herbe.

À la suite de la présentation des résultats ci-dessous, seul un des deux facteurs sera retenu pour le modèle.

Tableau 11. Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la zone.

Variable explicative	Estimate	p-value
Hauts de l'Ouest	338,421	< 0,001
Plaines	-23,403	< 0,01
Sud	-24,884	< 0,001

Le tableau 11 présente la régression linéaire de la densité de l'herbe en fonction des zones d'études. La densité moyenne des Hauts de l'Ouest est de 338 kg de MS/ha/cm. On remarque que la densité moyenne de la zone Sud est significativement différente de celle des Hauts de l'Ouest ( $338.241 - 24.884 = 313$  kg de MS/ha/cm). Concernant, la densité moyenne des Plaines, la différence avec les Hauts de l'Ouest est significative ( $338.241 - 23.403 = 315$  kg de MS/ha/cm).

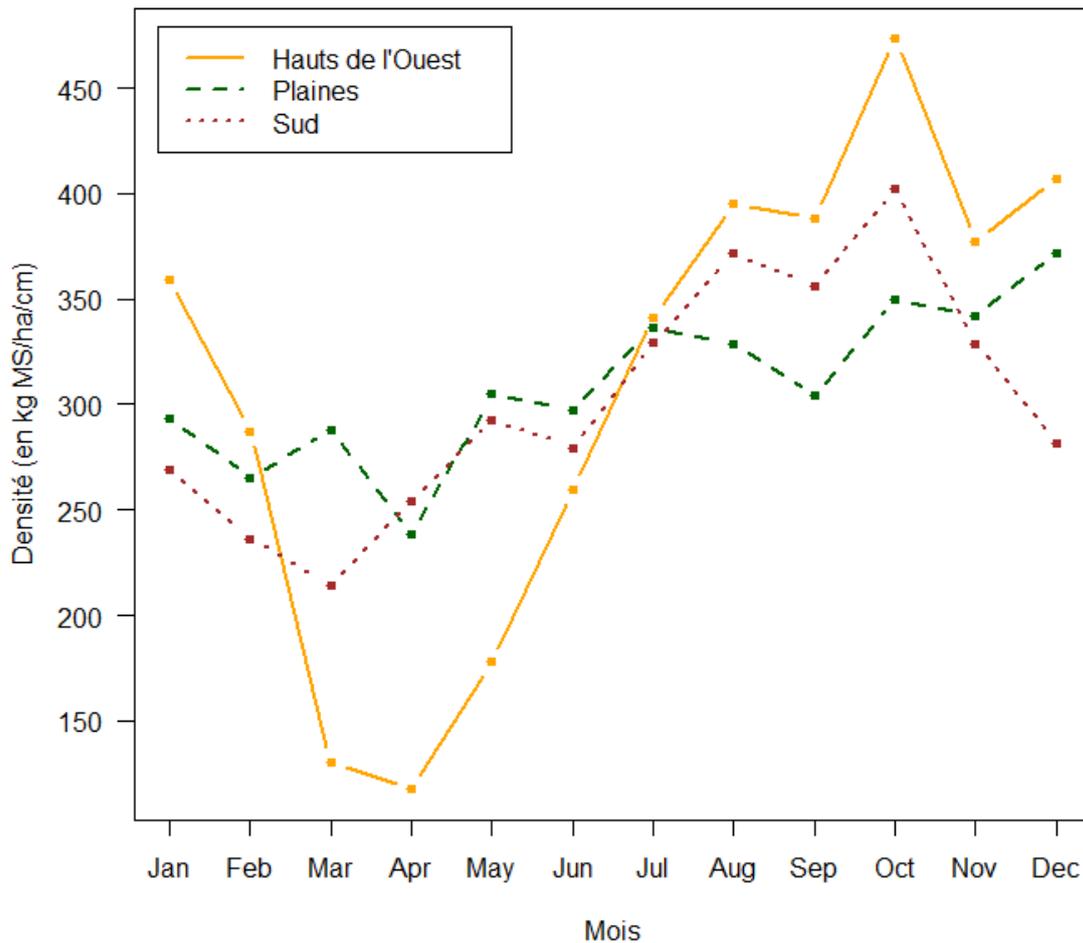


Figure 18. Évolution de la densité mensuelle de l'herbe selon la zone.

Sur la figure 18 sont représentées les courbes de densités mensuelles par zone. Les Hauts de l'Ouest se distinguent de celles des Plaines et du Sud de par son amplitude plus prononcée. La densité de l'herbe n'est seulement de 117 kg de MS/ha/cm pour le mois d'avril tandis qu'elle monte jusqu'à 400 kg de MS/ha/cm en fin d'année, soit une amplitude de 356 kg de MS/ha/cm, comparé à l'amplitude observée dans le Sud (188 kg de MS/ha/cm) et dans les Plaines (132 kg de MS/ha/cm).

Tableau 12. Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la présence d'un tapis de kikuyu.

Variable explicative	Estimate	p-value
Sans tapis	299,380	< 0,001
Tapis	45,818	< 0,001

La densité de l'herbe moyenne d'une parcelle sans tapis de kikuyu est de 299 kg de MS/ha/cm et avec tapis de 345 kg de MS/ha/cm. On observe donc une différence significative entre les deux densités d'herbe.

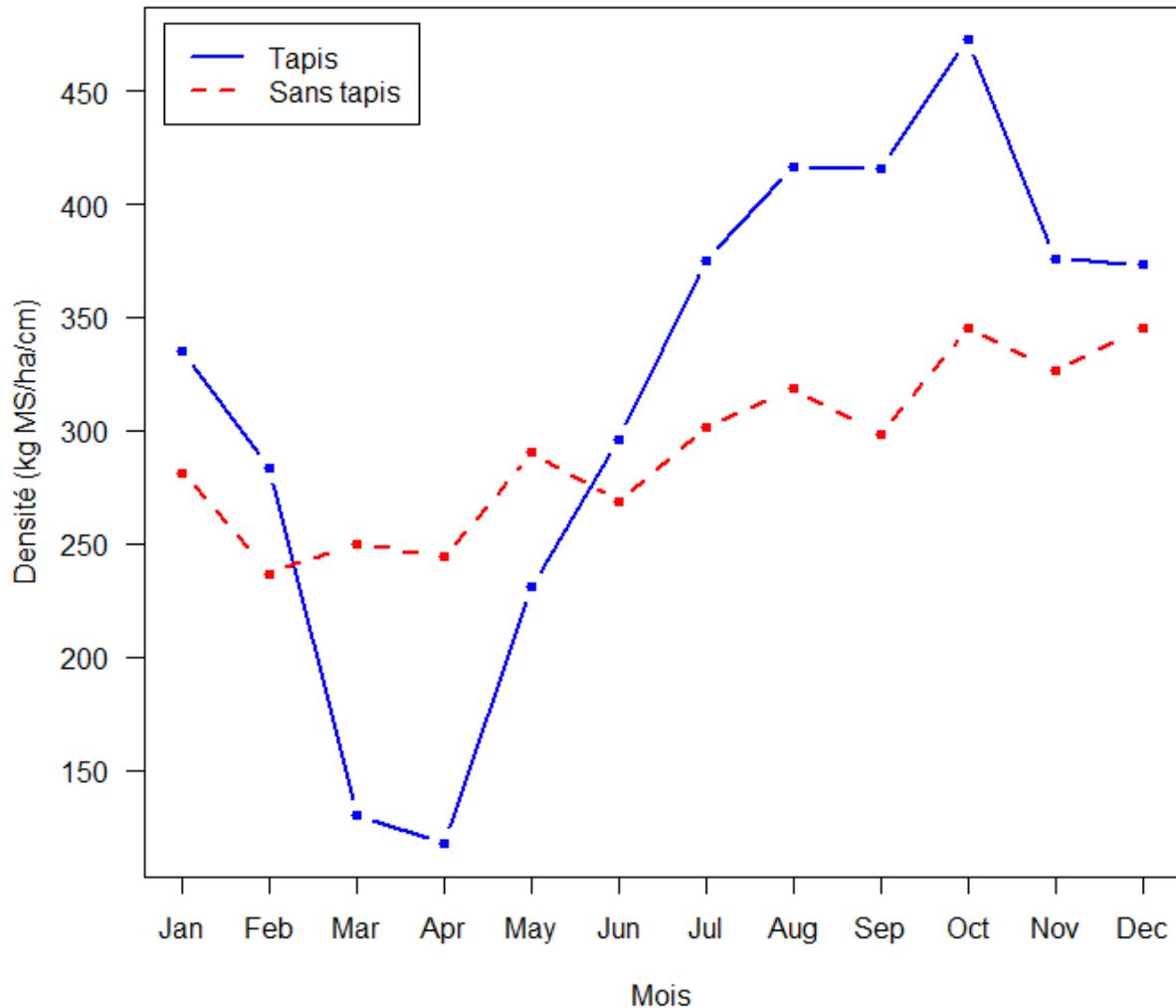


Figure 19. Évolution de la densité mensuelle de l'herbe en fonction de la présence d'un tapis de kikuyu ou non.

Sur la figure 19 est représentée la densité moyenne mensuelle en fonction de la présence d'un tapis de stolons sur la parcelle. On remarque que la présence d'un tapis herbacé augmente considérablement les variations mensuelles de densité de l'herbe en comparaison à celles obtenues sur des prairies sans tapis.

Finalement, on remarque que la courbe des Hauts de l'Ouest de la figure 18 ressemble fortement à celle correspondant au tapis de la figure 19. En effet, l'ensemble des exploitations des Hauts de l'Ouest possèdent un tapis. C'est un secteur où le chargement est faible, comparativement aux autres secteurs pâturant, et où il est dans les pratiques des éleveurs de maintenir ce tapis de

stolons afin d'assurer un stock de sécurité pour la saison sèche. Lors de la création du modèle c'est le facteur tapis qui a été retenu. En effet, la pratique du tapis n'étant pas spécifique aux Hauts de l'Ouest, certains éleveurs du Tampon et de la Plaine des Cafres y ont recours, le facteur tapis semble plus approprié que le facteur zone.

➤ **Lien densité - proportion de kikuyu dans le couvert herbacé**

On a choisi d'étudier le lien densité – kikuyu en raison de la caractéristique agronomique très particulière de cette graminée tropicale, à savoir la formation d'un tapis de stolons lorsque le couvert vieillit. Ce dernier pourrait impacter la densité en comparaison avec les autres types de graminées présentes aux ports dressés/à talle.

*Tableau 13. Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la proportion de kikuyu dans le couvert herbacé.*

Variable explicative	Estimate	p-value
Kikuyu	321,961	< 0,001
Kikuyu-tempérées	1,303	0,84

Le tableau 12 présente la régression linéaire de la densité de l'herbe en fonction de la proportion de kikuyu dans le couvert végétal. La densité moyenne du kikuyu est de 322 kg de MS/ha/cm. Il n'existe pas de différence significative de densité de l'herbe entre un couvert herbacé composé principalement de kikuyu et un couvert herbacé composé de kikuyu et de graminées tempérées (323 kg de MS/ha/cm).

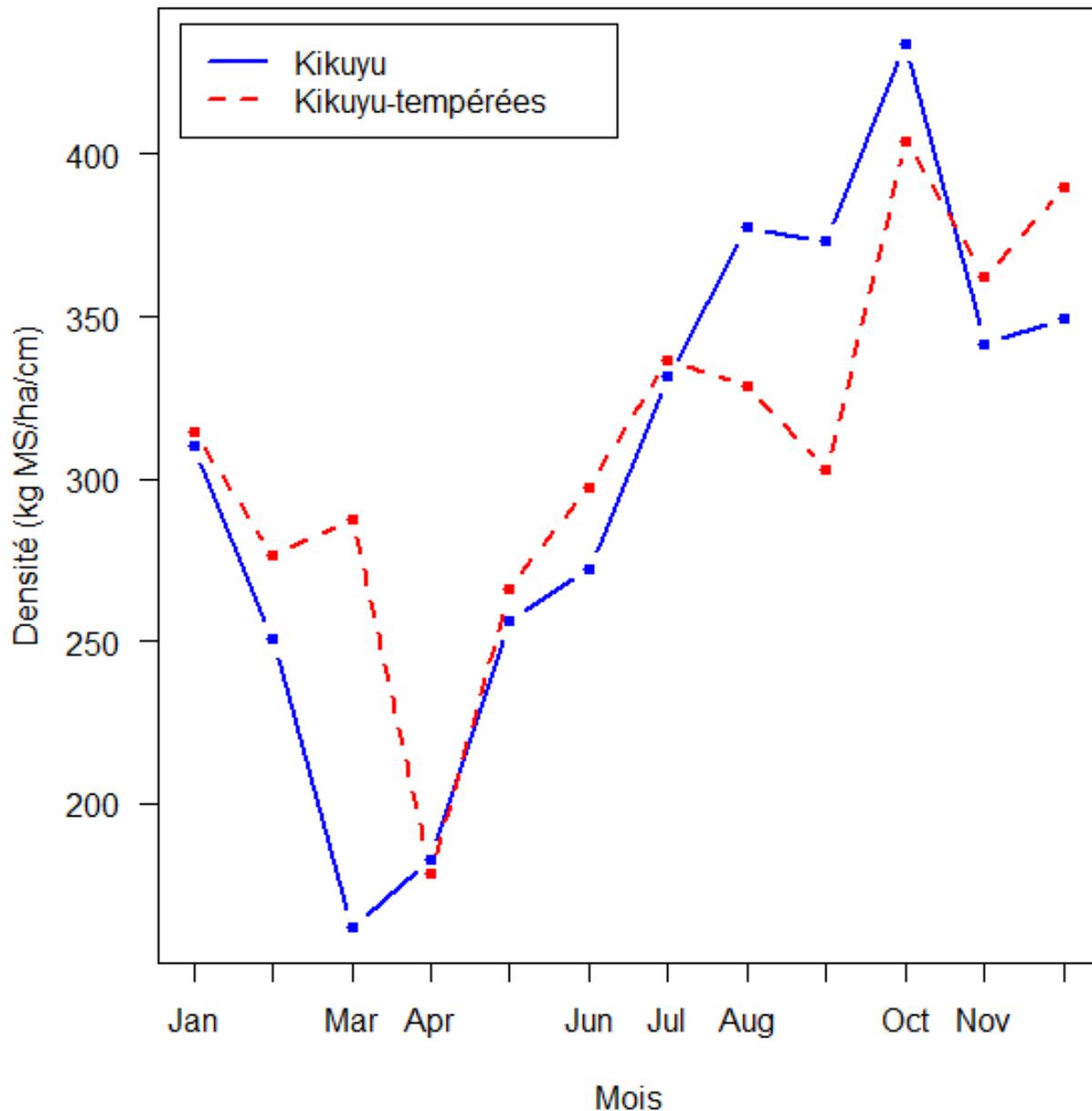


Figure 20. Évolution de la densité mensuelle de l'herbe en fonction du type de couvert herbacé.

La figure 20 présente les densités mensuelles en fonction du type de couvert herbacé : kikuyu ou kikuyu-tempérées. La variation des densités mensuelles est plus marquée pour un couvert herbacé essentiellement composé de kikuyu allant de 162 kg de MS/ha/cm pour le mois de mars à environ 350 kg de MS/ha/cm en fin d'année, avec un pic à 434 kg de MS/ha/cm en octobre. Pour un couvert herbacé composé principalement de kikuyu et une présence de graminées tempérées, la densité mensuelle la plus basse est au mois d'avril (179 kg de MS/ha/cm) et peut atteindre au maximum 404 kg de MS/ha/cm en octobre. L'amplitude des deux courbes est légèrement différente avec 272 kg de MS/ha/cm pour le kikuyu et 225 kg de MS/ha/cm.

➤ **Lien densité - taux de matière sèche & hauteur d'herbe**

Le lien densité – taux de matière sèche et hauteur a choisi d'être étudié suite à la revue littéraire effectuée en amont.

*Tableau 14. Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la teneur en matière sèche.*

<b>Variable explicative</b>	<b>Estimate</b>	<b>p-value</b>
<= 20 %	269,012	< 0,001
] 20 ; 30 ] %	67,786	< 0,001
> 30 %	187,987	< 0,001

Le tableau 14 présente les densités de l'herbe moyenne en fonction du taux de matière sèche. Il existe une différence significative entre les densités de l'herbe ayant un taux de matière sèche inférieur à 20% (269 kg de MS/ha/cm) et celles ayant un taux supérieur à 30% (457 kg de MS/ha/cm).

*Tableau 15. Effets fixes du modèle linéaire permettant d'estimer la densité en fonction de la hauteur d'herbe.*

<b>Variable explicative</b>	<b>Estimate</b>	<b>p-value</b>
<= 13 cm	353,171	< 0,001
> 13 cm	-71,128	< 0,001

Il existe une différence significative entre une densité de l'herbe selon la hauteur d'herbe. La densité moyenne de l'herbe inférieure à 13 cm est de 353 kg de MS/ha/cm comparé à la densité de l'herbe supérieure à 13 cm (282 kg de MS/ha/cm).

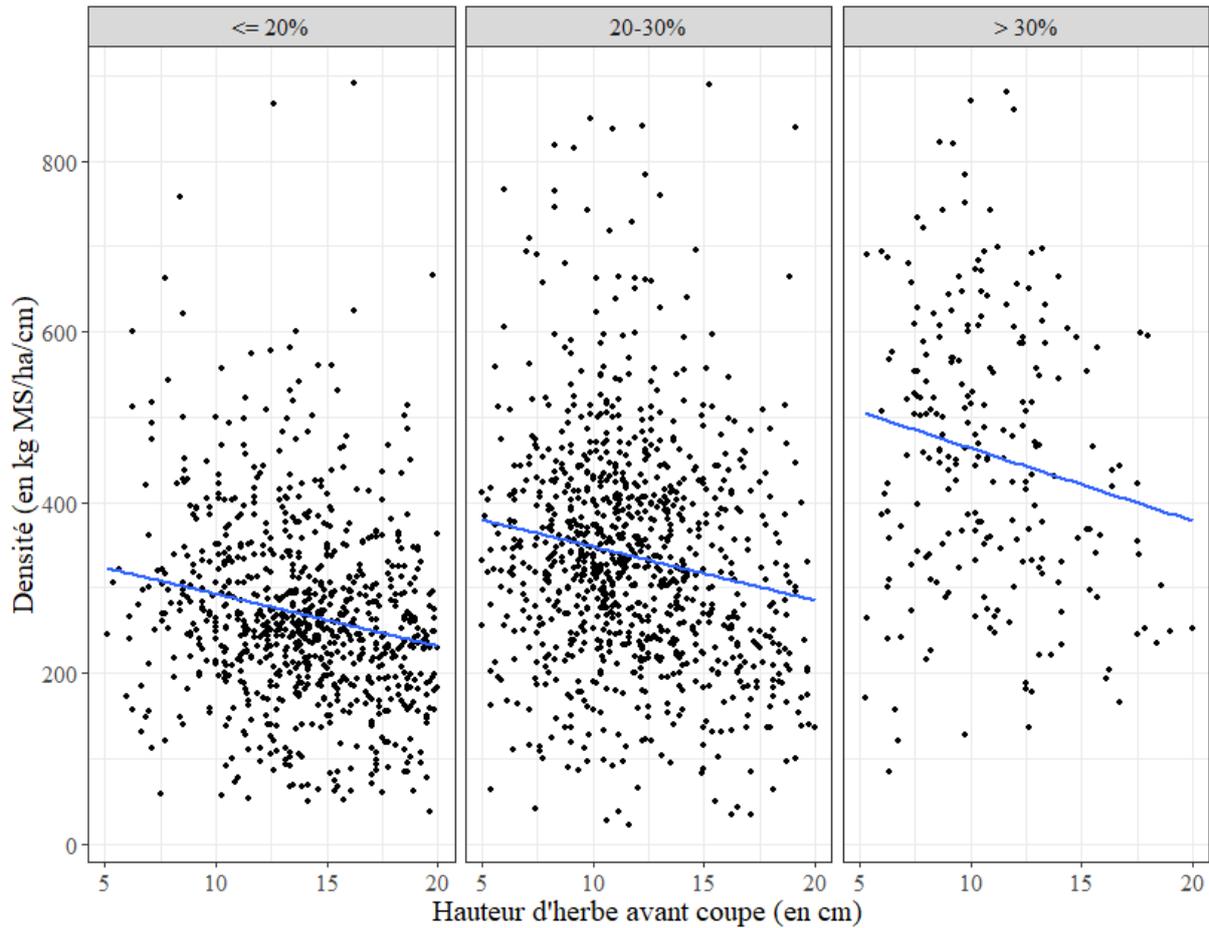


Figure 21. Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la hauteur de l'herbe par catégories de taux de matière sèche.

La figure 21 représente pour chaque catégorie de taux de matière sèche les densités d'herbe en fonction de la hauteur de l'herbe.

D'une manière générale, les trois régressions linéaires indiquent la densité diminue plus la hauteur d'herbe augmente. Cependant, les valeurs de densité sont plus faibles lorsque le taux de matière sèche est faible.

### ➤ Lien densité – pluviométrie & température

Dans cette sous partie on suppose que la température et la pluviométrie peuvent impacter les caractéristiques biologiques du couvert herbacé de chaque secteur et donc la croissance de l'herbe.

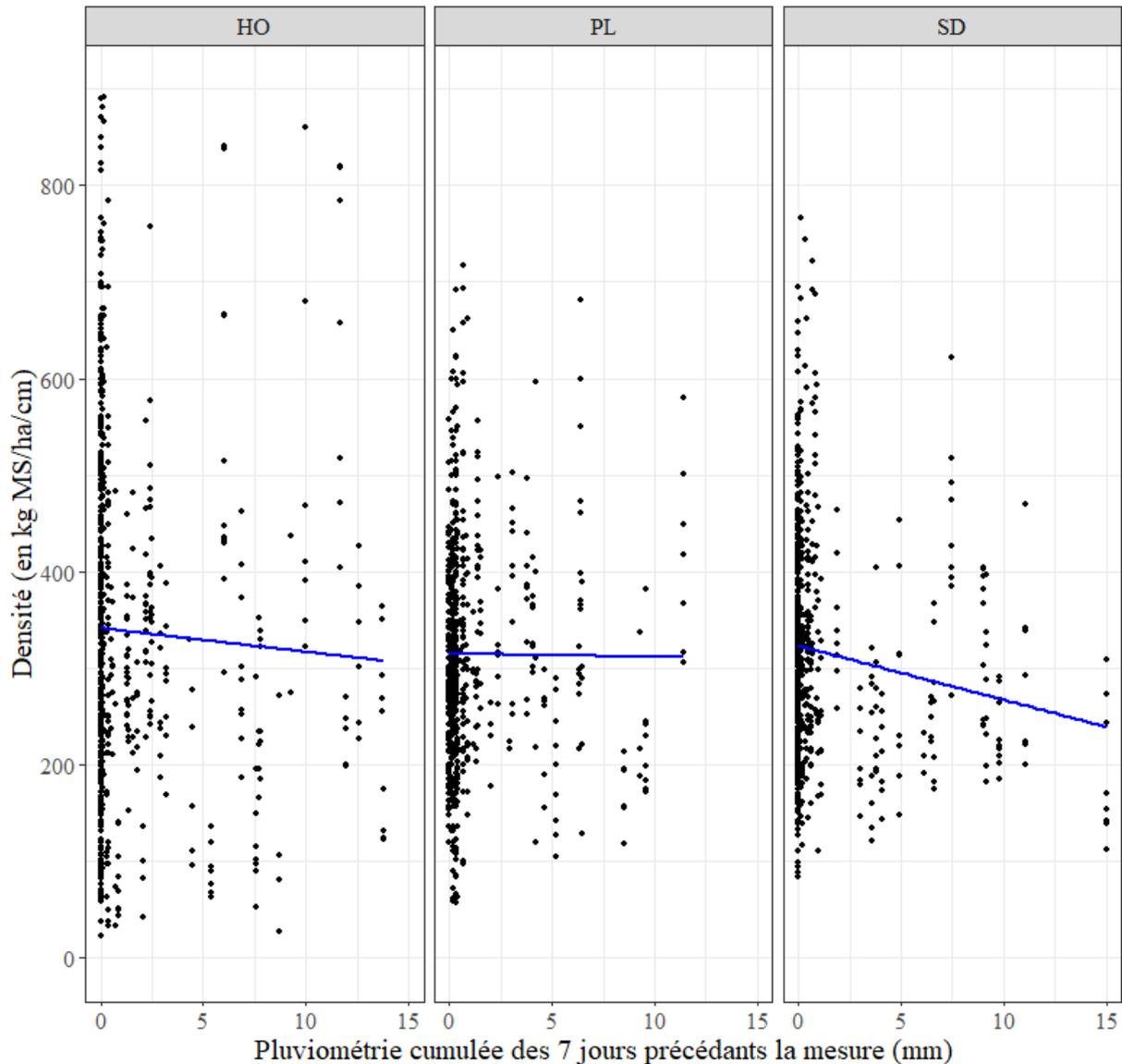


Figure 22. Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la pluviométrie par zone.

Ce graphique représente la variation de la densité en fonction de la pluviométrie cumulée des 7 jours précédents la mesure. Une régression linéaire permet de visualiser la tendance que suit la densité. Pour la zone des Hauts de l'Ouest la densité semble diminuer très légèrement plus la pluviométrie augmente. Ce phénomène est plus marqué pour la zone Sud passant d'environ 320 kg de MS/ha/cm pour 0 mm de pluie hebdomadaire, à environ 250 kg de MS/ha/cm pour 15 mm de pluie hebdomadaire. Concernant la densité de l'herbe pour la zone des Plaines, celle-ci reste constante, égale à environ 320 kg de MS/ha/cm peu importe la pluviométrie.

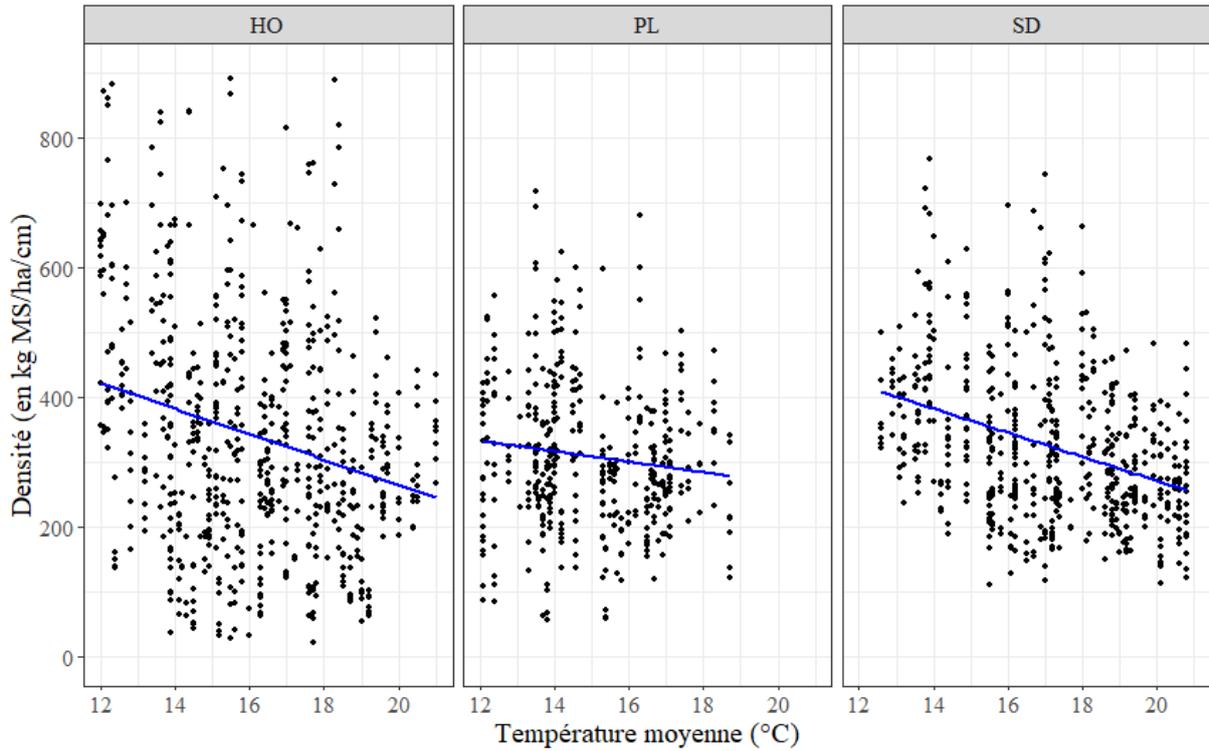


Figure 23. Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la température moyenne par zone.

Ce graphique représente les variations de densité des trois zones en fonction de la température moyenne. Une régression linéaire indique la tendance suivie par la densité. De manière générale, la densité de l'herbe tend à la baisse plus la température moyenne augmente. Ce phénomène est plus prononcé pour les zones des Hauts de l'Ouest et du Sud. En effet, on constate une ressemblance entre ces deux dernières pour lesquelles la densité, pour une température moyenne de 12°C est d'environ 410 kg de MS/ha/cm et se rapproche des 300 kg de MS/ha/cm lorsque les températures moyennes dépassent les 20°C.

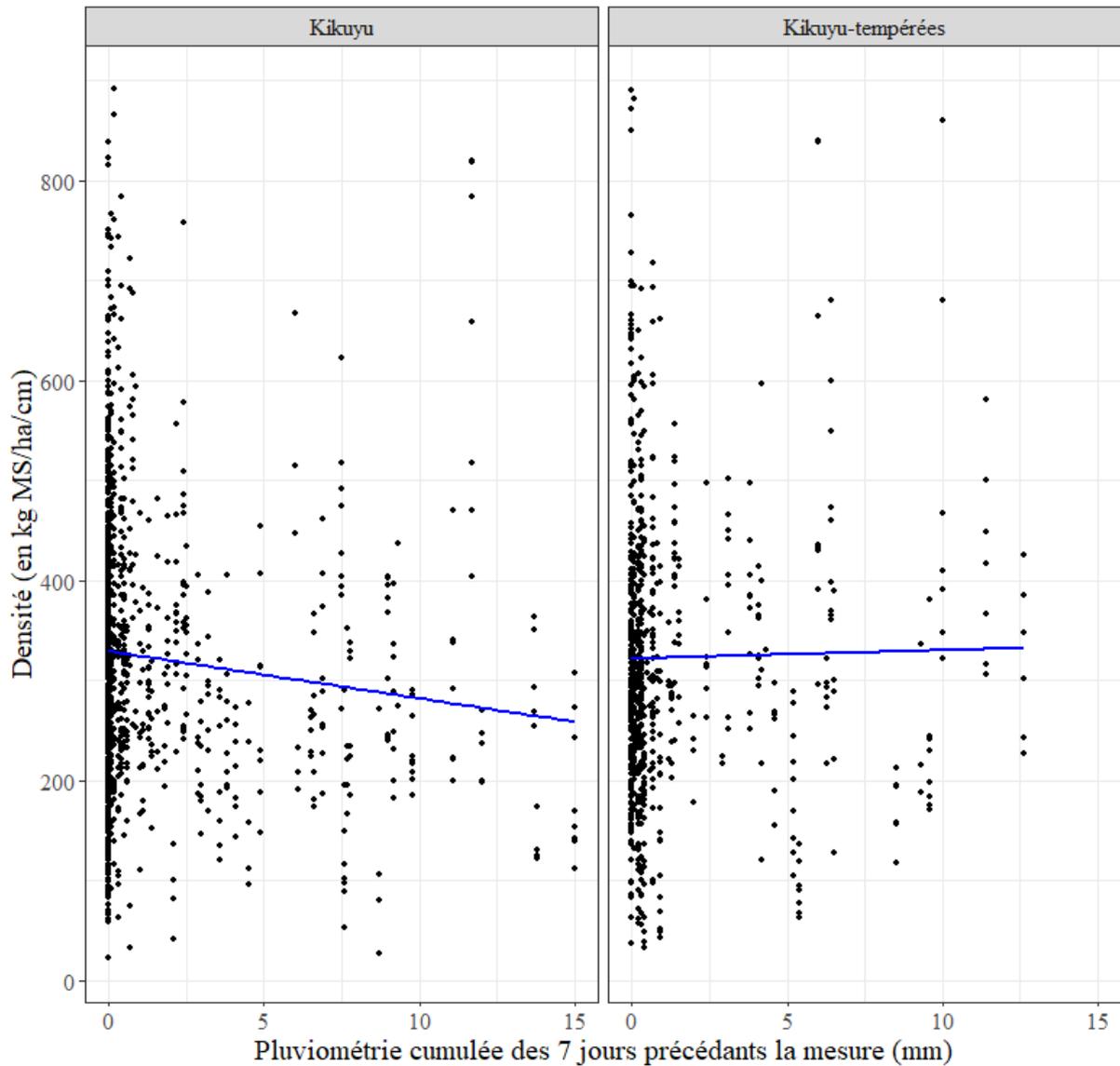


Figure 24. Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la pluviométrie par type de couvert herbacé.

Le graphique ci-dessus représente l'évolution des densités d'herbe en fonction de la pluviométrie cumulée les 7 jours précédents la mesure. La densité de l'herbe sur des parcelles essentiellement composées de kikuyu diminue légèrement plus la pluviométrie augmente. C'est le phénomène inverse pour les parcelles composées de kikuyu et de graminées tempérées. La densité de l'herbe tend très légèrement à la hausse plus la pluviométrie augmente.

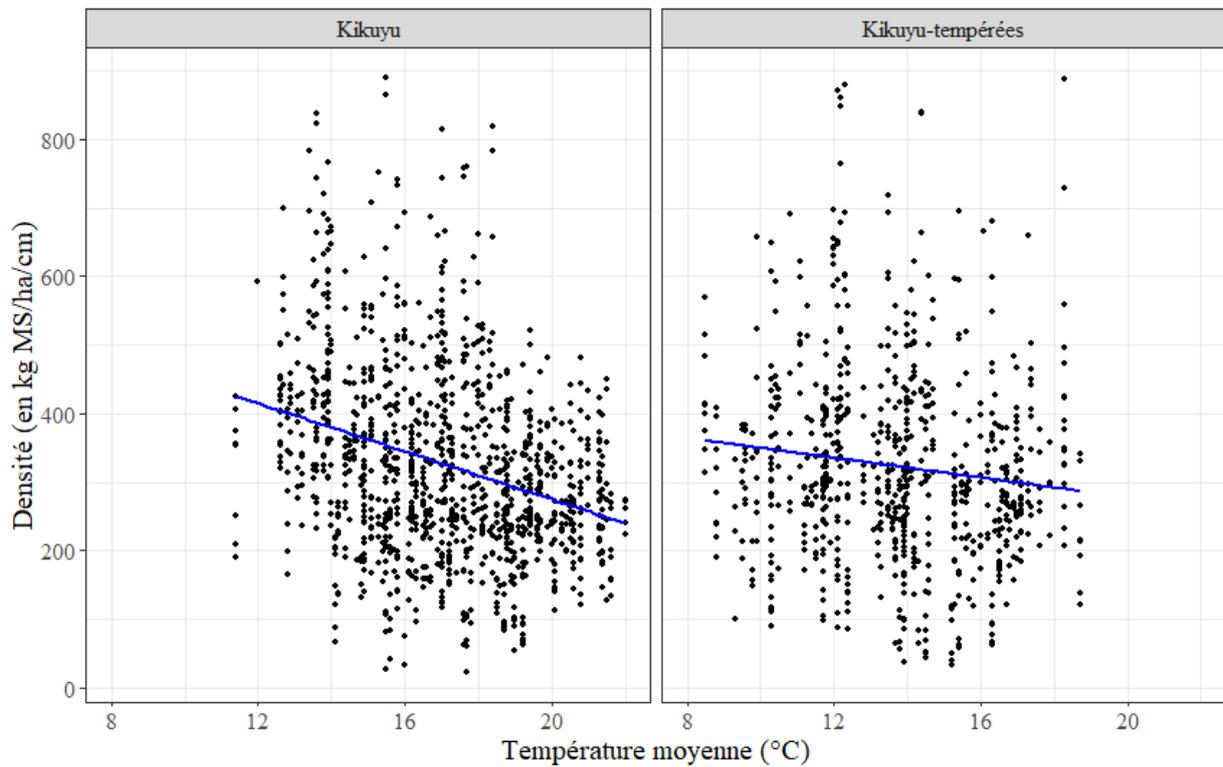


Figure 25. Évolution de la densité de l'herbe en fonction de la température moyenne par type de couvert herbacé.

La figure 25 montre l'évolution de la densité de l'herbe en fonction de la température moyenne par rapport au type de couvert herbacé. Selon les deux types de couvert herbacé la densité diminue plus la température moyenne augmente. Ce phénomène est bien plus marqué sur les parcelles de kikuyu, passant d'environ 410 kg de MS/ha/cm pour des températures avoisinant les 12°C, à environ 250 kg de MS/ha/cm lorsque les températures moyennes sont supérieures à 20°C. Pour un couvert herbacé kikuyu-tempérées pour des températures proches de 8°C la densité de l'herbe est d'environ 400 kg de MS/ha/cm et baisse jusqu'à environ 300 kg de MS/ha/cm pour des températures moyennes aux alentours de 18°C.

Finalement, aucun facteur climatique n'est intégré dans le modèle, compte tenu du fait que, hypothétiquement, le facteur mois renferme intrinsèquement cette part de variabilité.

Pour conclure, les variables explicatives retenues dans le modèle final sont : le mois, la présence d'un tapis, la hauteur d'herbe et le taux de matière sèche.

#### IV. Table des densités de l'herbe

L'analyse préliminaire, présentée en première partie, a permis d'identifier les facteurs à prendre en compte pour définir des abaques de densités spécifiques aux prairies de la Réunion.

Les variables explicatives retenues dans le modèle servent d'entrées dans la table abaque utile à l'ARP lors du calcul de la croissance de l'herbe.

*Tableau 16. Table de densité mensuelle moyenne en fonction du tapis, de la hauteur d'herbe et du taux de matière sèche. En rouge sont représentées les densités de l'herbe artificialisées car jamais observées.*

Couvert végétal	Sans tapis						Tapis					
	<= 13 cm			> 13 cm			<= 13 cm			> 13 cm		
	<= 20%	20-30%	> 30%	<= 20%	20-30%	> 30%	<= 20%	20-30%	> 30%	<= 20%	20-30%	> 30%
Janvier	286	325	336	250	288	299	357	389	482	314	345	438
Février	239	278	289	202	241	252	309	341	434	265	297	390
Mars	249	288	298	212	251	261	172	204	297	128	160	253
Avril	236	275	285	199	238	249	134	166	259	90	122	215
Mai	273	312	322	236	275	286	235	267	360	191	223	316
Juin	261	300	311	224	263	274	303	334	427	259	291	383
Juillet	306	345	355	269	308	318	356	388	481	313	345	437
Août	295	334	344	258	297	307	385	417	510	341	373	466
Septembre	275	314	325	239	278	288	347	379	472	303	335	428
Octobre	298	337	348	261	300	311	406	438	531	363	395	487
Novembre	308	347	357	271	310	320	374	406	499	330	362	455
Décembre	322	361	371	285	324	334	380	411	504	336	368	460

La table d'abaque ci-dessus, fournit une densité d'herbe adaptée selon le mois, la présence d'un tapis de kikuyu, la hauteur d'herbe et la teneur en matière sèche. Parmi ces densités, en rouge sont désignées les valeurs pour lesquelles le croisement de modalités n'a jamais été observé sur le terrain, mais que le modèle a prédit. Par exemple, un prélèvement sur une parcelle avec un tapis, une hauteur d'herbe inférieure à 13 cm et une teneur en matière sèche supérieure à 30%, ne s'est jamais produit pour les mois de janvier, février, mars, avril et juin.

Les paramètres tapis (défini par l'ARP) et hauteur d'herbe (mesurée directement sur la parcelle avec l'herbomètre) sont facilement identifiables. En revanche, le taux de matière sèche peut être mesuré de différentes manières. Soit, il est mesuré instantanément sur la parcelle avec un appareil effectuant une calibration sur vert, soit après une analyse SPIR en laboratoire d'un prélèvement de biomasse. Ces deux méthodes nécessitent du temps de travail en plus que les agents de l'ARP ne sont pas forcément prêts à endosser. Ainsi, plusieurs méthodes alternatives peuvent permettre d'estimer le taux de matière sèche : (1) à partir des prédictions d'un modèle statistique ; (2) en effectuant une moyenne des teneurs en matière sèche déjà enregistrées par l'ARP.

Ainsi, ont pu être estimés grâce au modèle statistique les taux de matière sèche :

- par mois (figure 26) ;
- par mois pour chaque zone (figure 27) ;
- par mois pour chaque exploitation (figure 28).

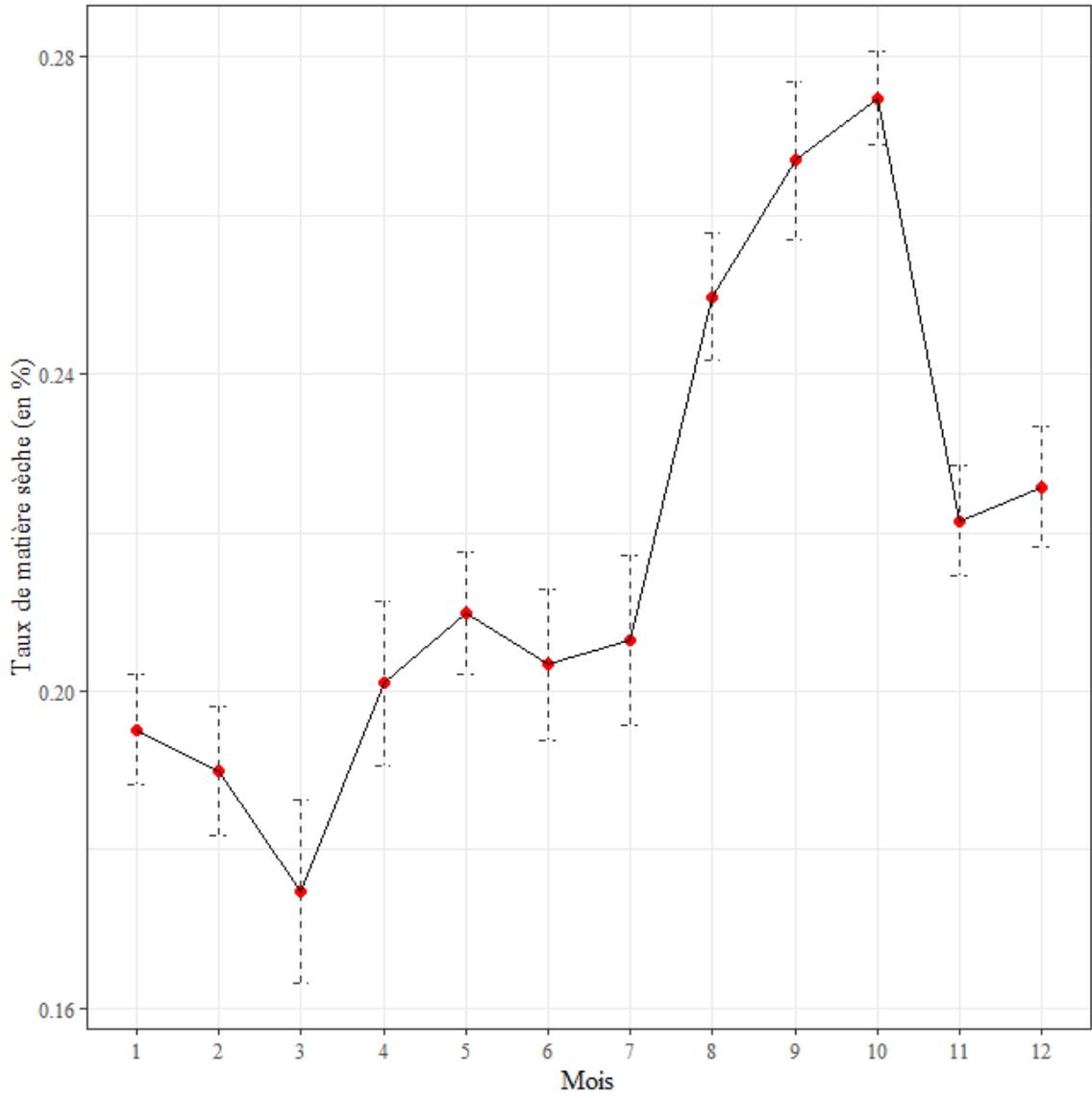


Figure 26. Prédiction par le modèle statistique du taux de matière sèche mensuel

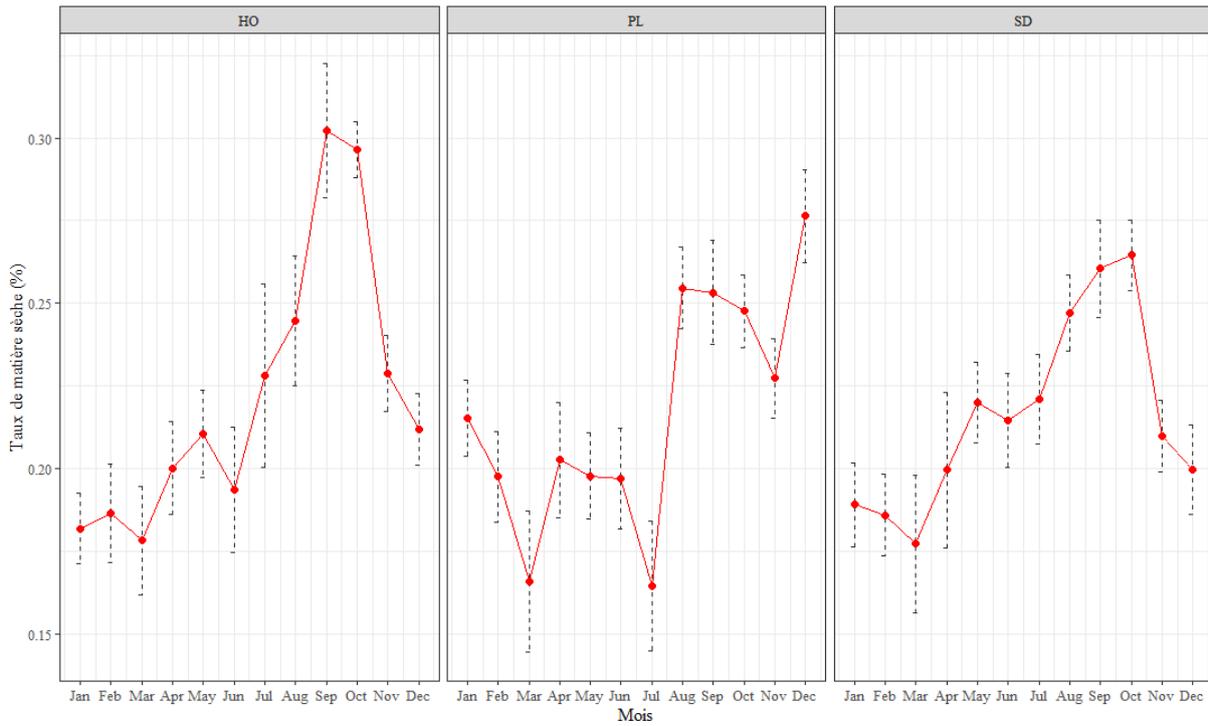


Figure 27. Prédiction par le modèle du taux de matière sèche mensuel par zone

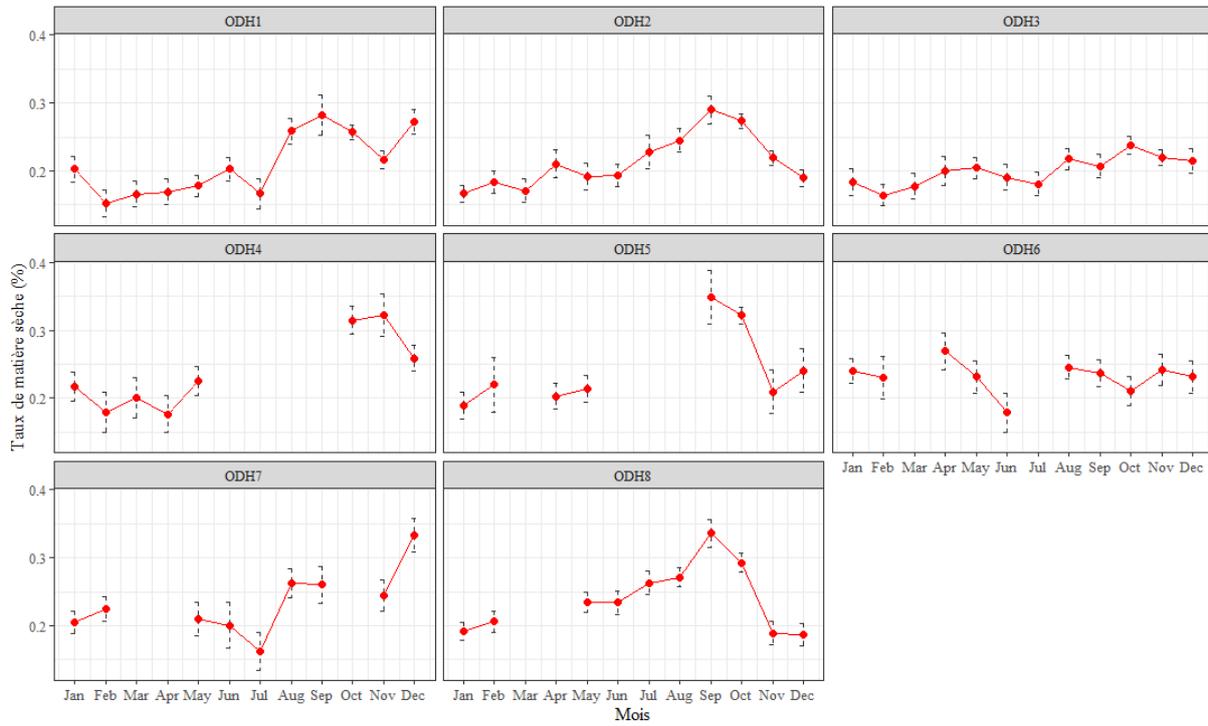


Figure 28. Prédiction par le modèle du taux de matière sèche mensuel par exploitation

Enfin, si toutes ces solutions décrites ci-dessus ne conviennent pas à l'ARP à la longue, une seconde table de densité sans le facteur taux de matière sèche a également été produite (annexe 6). Il sera également possible d'ajouter cette table de référence des astérisques précisant les densités à ajuster en fonction de la variation plus ou moins prononcée de certains facteurs, comme par exemple le climat (plutôt sec ou humide) ou l'espèce (pourcentage important de tempérée).

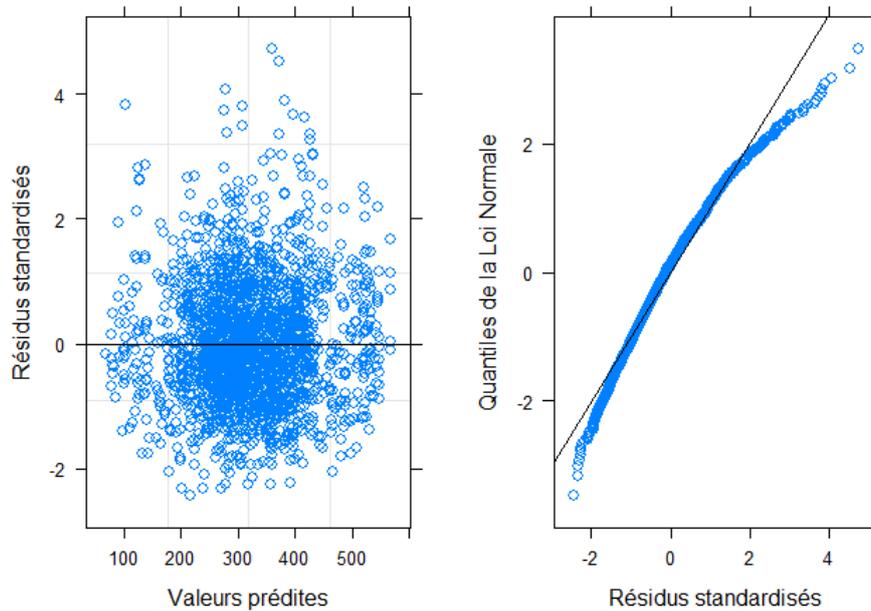


Figure 29. Graphique des résidus des densités de l'herbe prédites.

L'examen des résidus (variance et distributions, figure 29) montre que les principales hypothèses du modèle linéaire sont respectées (homoscédasticité, distribution gaussienne des résidus).

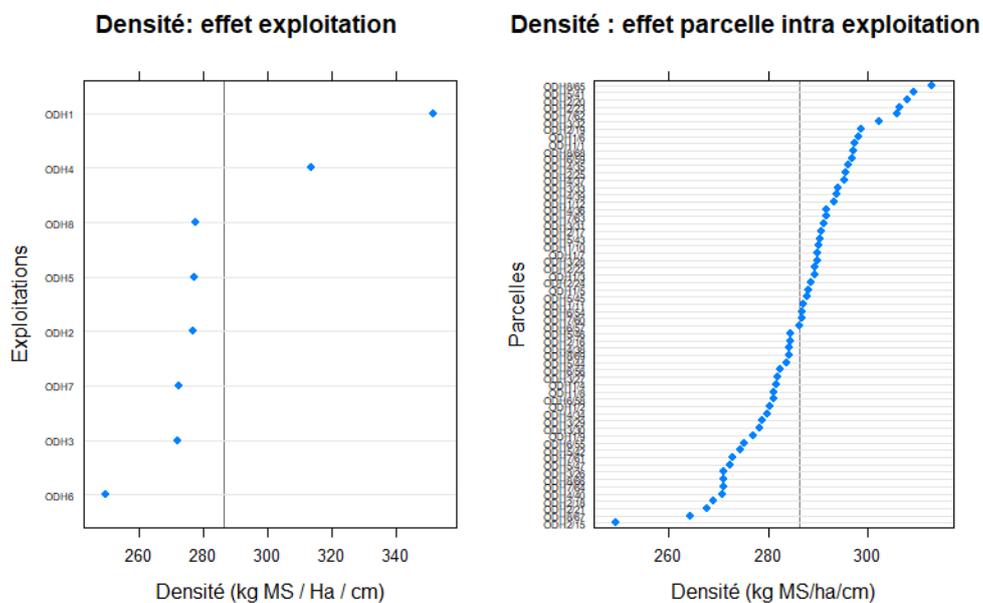


Figure 30. Répartition des densités de l'herbe moyennes des exploitations et des parcelles.

La figure 30 montre la répartition des densités de l'herbe des exploitations suivies par l'Observatoire (à gauche) et leurs différentes parcelles suivies (à droite). On remarque que 6 exploitations se situent en dessous de la moyenne générale de la densité de l'herbe. Cependant, l'ensemble des parcelles semble plutôt bien réparti de part et d'autre de la moyenne générale de la densité de l'herbe. Les densités moyennes par exploitations oscillent entre 250 et 350 et les densités moyennes par parcelles oscillent entre 250 et 330. Ces résultats attestent que les facteurs exploitations et parcelles renferment une partie non négligeable de la variabilité de la densité de l'herbe, qu'on n'explique pas clairement à ce stade mais qu'on prend en compte dans le modèle pour réduire la variabilité résiduelle et améliorer les tests inférentiels sur les effets fixes. On peut faire l'hypothèse que des facteurs comme la localisation de la parcelle, la topographie, la nature et la qualité des sols, ou l'itinéraire cultural peuvent être liés à cette variabilité inter parcellaire. Ces résultats attestent également d'une bonne représentativité de la diversité des exploitations et des parcelles du suivi.

## V. Croissance

### A. Validation des données

Comme lors de l'analyse des densités de l'herbe, la base de données des croissances a dû être nettoyée.

*Tableau 17. Détails des différentes étapes composant la mise en forme de la base de données croissance.*

SUPPRESSION DES VALEURS MANQUANTES		
<b>Nombre de données totales avant nettoyage</b>		<b>2839</b>
Intervalle de jour (inter)	55	
Hauteur d'herbe en entrée (Hteur)	313	
		2471
SUPPRESSION DES VALEURS NON CONFORMES		
0 : en cours de pâturage 2 : données rejetées (potentiel biais dû par exemple à l'opérateur, au climat, à un suivi trop espacé dans le temps, etc)	756	
		1715
SUPPRESSION DES VALEURS EXTRÊMES		
Intervalle entre deux mesures < 6j ou > 15j	56	
Hauteur en entrée < 5 cm et > 20 cm (He) ; pareil pour les hauteurs précédentes	256	
Différence entre he et he_prec < -2 cm	70	
<b>Nombre de données réellement traitées après nettoyage</b>		<b>1333</b>

Ont été supprimé :

- Les valeurs manquantes ;
- Les valeurs non conformes, c'est-à-dire les parcelles sur lesquelles le troupeau pâturait le jour de la mesure ou bien les mesures ayant un potentiel biais dû au climat, à l'opérateur ou à un suivi trop espacé dans le temps ;
- L'intervalle entre deux mesures inférieures à 6 jours, trop peu de temps entre deux prises de mesures ;
- L'intervalle entre deux mesures supérieures à 15 jours, il est possible de sauter une mesure mais au-delà le délai serait trop long ;
- Les hauteurs en entrée et hauteurs précédentes inférieures à 5 cm et supérieures à 20 cm, comme pour les densités.
- La différence entre la hauteur n et la hauteur n-1 inférieure à -2 cm, une différence de hauteur négative peut symboliser le fait que l'herbe n'a pas poussé. En revanche, une différence inférieure à -2 cm doit probablement être une erreur de saisie.

Suite au nettoyage, l'analyse des croissances concerne 1333 observations.

Connaître la densité de l'herbe est essentiel lors de l'estimation du stock d'herbe présent à un moment donné et de la croissance à venir. Après l'étude des facteurs influençant cette densité de l'herbe des courbes de croissances peuvent être tracées.

Depuis la création de l'Observatoire en 2017, l'ARP calcule les croissances de l'herbe à partir d'une densité moyenne annuelle par exploitations (tableau 19). En métropole, les courbes de croissance sont calculées, principalement, à partir d'une densité annuelle par région. Cependant, certaines études se mettent en place et tentent d'affiner cette densité comme par exemple l'article de DeFrance *et al.* en 2004.

Tableau 18. Densités utilisées par l'ARP par exploitations.

Exploitation	Densités fixées par l'ARP (en kg de MS/ha/cm)
ODH1	356
ODH2	343
ODH3	265
ODH4	350
ODH5	343
ODH6	303
ODH7	299
ODH8	385

Ainsi, les croissances moyennes de l'île de la Réunion ont pu être comparées aux croissances de l'herbe calculées à partir des densités prédites présentées ci-dessus (tableau 17).

## B. Profil de la croissance de l'herbe

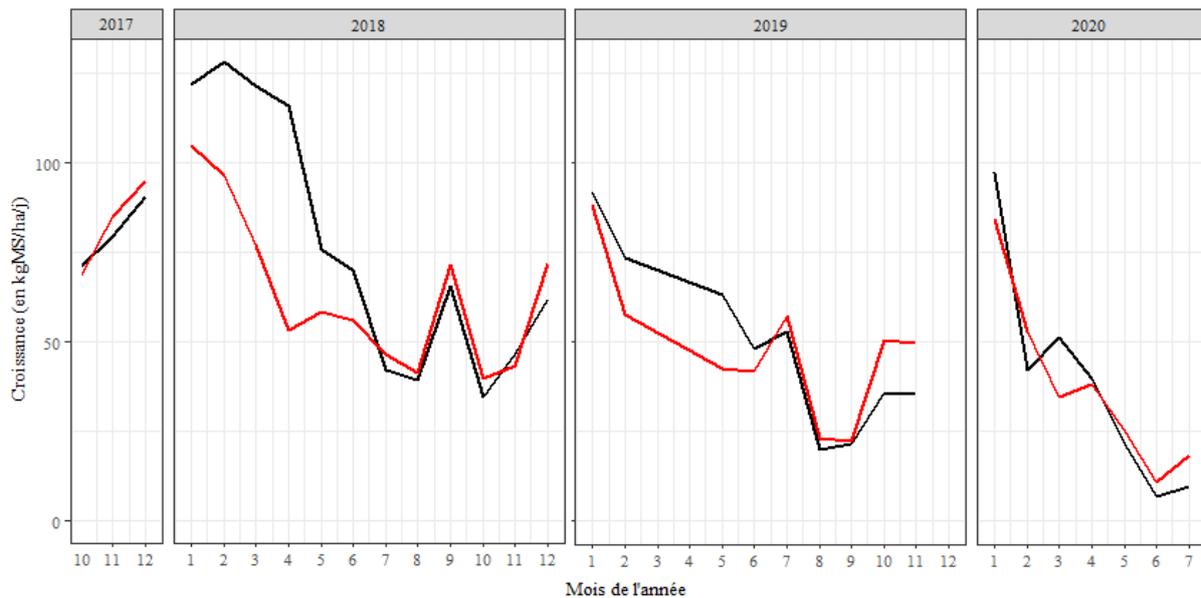


Figure 31. Évolution des croissances mensuelles de l'herbe par année. La courbe noire représente les croissances moyennes et en rouge les croissances calculées avec les densités prédites par le modèle.

La figure 31 représente les croissances mensuelles depuis la mise en place de l'Observatoire fin 2017. Deux courbes sont affichées : en noir, la courbe de croissance établie avec le premier mode de calcul (densités fixes pour chacune des exploitations de l'Observatoire) ; en rouge, la courbe de croissance établie avec les densités prédites par le modèle statistique, présenté précédemment, et dépendant du mois, de la présence ou pas d'un tapis de stolon, de la hauteur d'herbe et du taux de MS.

On remarque que la courbe de croissance établie à partir du premier mode de calcul surestime la croissance de l'herbe au cours des 6 premiers mois de l'année pour les années 2018 et 2019. Par exemple, en avril 2018 l'ARP estime une croissance de l'herbe à 116 kg de MS/ha/j contrairement à la prédiction qui affiche une croissance à 53 kg de MS/ha/j. En revanche, la deuxième moitié de l'année, de juillet à décembre, les deux courbes suivent globalement la même tendance avec cependant, une légère estimation à la hausse en fin d'année pour la courbe de croissance déterminée par les densités de l'herbe prédites.

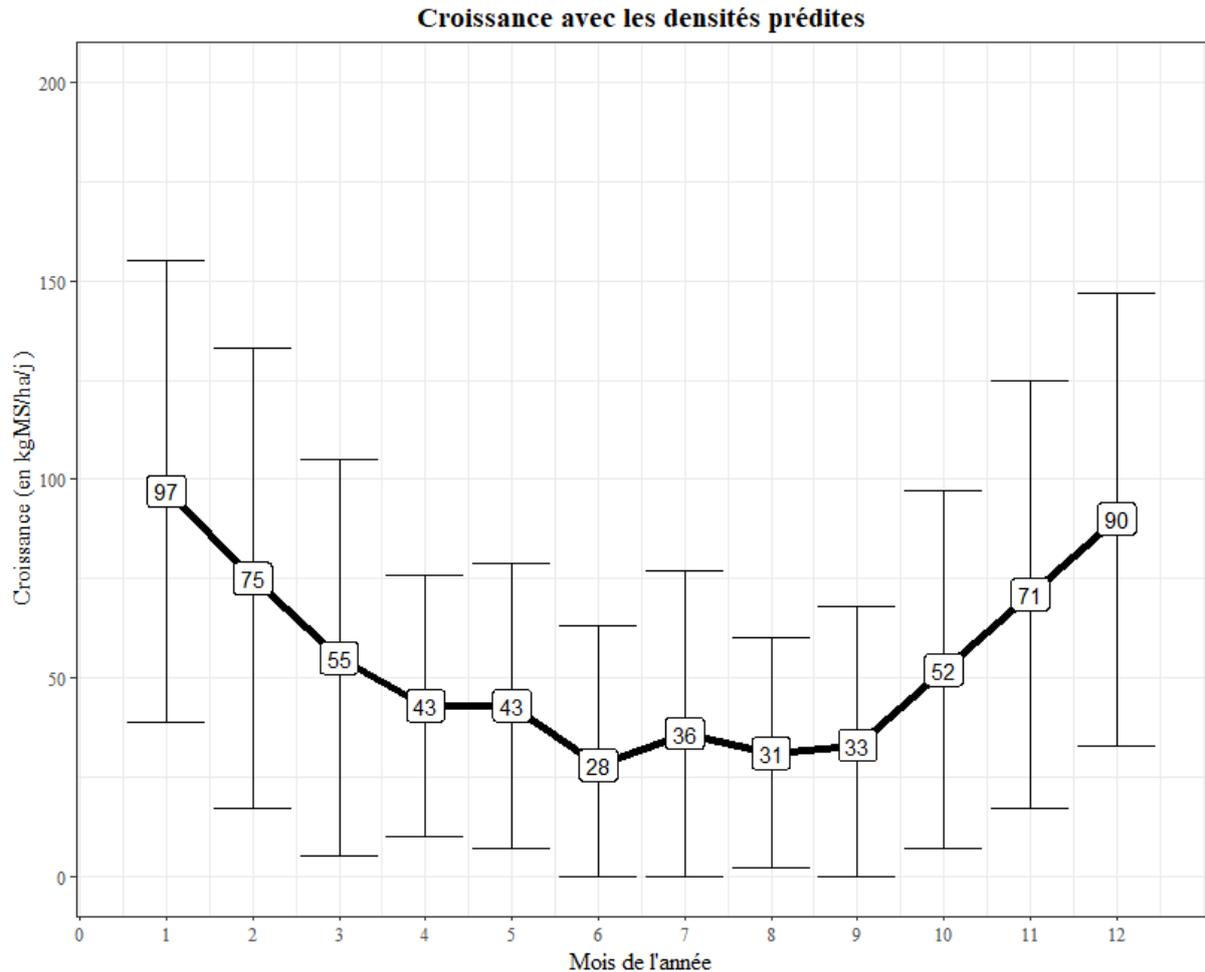


Figure 32. Évolution de la croissance de l'herbe.

La figure 32 représente la courbe moyenne de croissance de l'herbe en fonction du mois, établies à partir des densités prédites par le modèle. Les écarts-types demeurent important, ce qui traduit l'effet des autres facteurs (présence ou pas d'un tapis de stolon, hauteur d'herbe, taux de MS, exploitation et parcelle).

La méthode qui consiste à prédire les densités de l'herbe fournit une estimation de la croissance plus proche de la réalité que la méthode utilisant les densités moyennes. Les opérateurs terrains avaient signalé que les estimations de stocks sur pieds et de jours d'avance calculés sur la base de la méthode moyenne ne correspondaient pas avec les pratiques des éleveurs (temps de présence des animaux), et avaient tendance à surévaluer l'herbe disponible.

## VI. Conseil agricole dans le cadre de l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe

À la suite aux entretiens avec les éleveurs de l'Observatoire plusieurs points importants ont été soulevés. Les citations ci-dessous ont toutes été prononcées par des éleveurs de l'Observatoire.

De manière générale, les éleveurs intégrant l'Observatoire sont intéressés par le suivi : « *Le fait qu'on est un suivi ça permet de nous remettre en cause.* », ils écoutent les conseils mais ne les appliquent pas forcément : « *Avant de changer de parcelle je regarde mes vaches, c'est les vaches qui parlent.* ». Plusieurs éleveurs ont évoqué le fait que le suivi leur permettait **d'anticiper leur gestion** : « *Le fait qu'on a l'observatoire derrière nous, nous permet de savoir d'une période à l'autre, là on va être en déficit, on essaye de faire attention.* ».

Ont été abordé, lors de chaque entretien, les **analyses de sol et de fourrage** faites par l'ARP : « *Les analyses de sol et de fourrages sont super importantes pour moi.* », « *Ces analyses m'ont permises de jouer sur mes amendements et d'équilibrer mes apports.* ». Deux éleveurs ont parlé des commentaires sur les comptes rendus : « *Je regarde les commentaires des comptes rendus.* ». De plus, un éleveur a dit avoir changé la **disposition de ses parcelles** suite à une proposition d'aménagement de l'ARP : « *À partir du moment où on a placé les clôtures sous conseil de l'ARP depuis 2017 avec le suivi de la pousse de l'herbe on a eu de supers résultats.* ».

Des **pistes d'amélioration** ont été proposées comme par exemple le fait de comparer les comptes rendus d'un éleveur avec un autre éleveur de la même zone, suivi par l'Observatoire. Il a aussi été proposé de comparer l'ensemble des données de l'année N avec celles de l'année N-1 : « *J'y tiens énormément parce qu'on n'arrive pas à se projeter.* ». De plus, deux éleveurs ont émis l'idée de changer le suivi de lot : « *Pourquoi ne pas changer de lot ? En bas ça fait deux mois que je n'ai pas mis une seule balle d'ensilage alors qu'ici j'en mets une tous les deux jours. 200m d'altitude ça fait la différence.* ». Un éleveur a abordé le sujet d'une « fiche technique de l'éleveur » qui permettrait de connaître les tendances de chaque éleveur : « *Une fiche technique permettrait de connaître un peu plus l'exploitant, l'exploitation et voir ses lacunes, ses atouts, le milieu social. On oublie tout le temps le milieu social d'une personne et pourtant ça impacte le fonctionnement et la pérennité d'une exploitation.* ». Concernant le compte rendu hebdomadaire (Annexe 2) une mise en forme différente a été proposée : « *Sous une forme de graphique ça aurait été mieux d'afficher pour telle parcelle : la hauteur d'herbe, le chargement et la qualité de l'herbe avec un commentaire en dessous.* ». Lier le suivi avec le gain moyen quotidien a également été évoqué lors des discussions.

Des remarques concernant un « *manque de spontanéité* » suite aux résultats trouvés ont été abordées plusieurs fois par différents éleveurs. Avec des **conseils pas toujours adaptés aux réalités du terrain** : « *Il faut adapter leur discours, leurs conseils techniques à l'exploitation : l'environnement de l'exploitation et l'environnement de l'exploitant.* ». Par exemple, au niveau de la fertilisation, l'ARP proposait des solutions nécessitant certains fertilisants qui n'étaient pas disponibles ou bien la saison actuelle ne correspondait pas avec la période d'épandage. De plus, l'ARP fournit à chaque éleveur un nouveau parcellaire afin d'optimiser au mieux les rotations et donc la gestion de l'herbe. Cependant, changer le parcellaire demande beaucoup de temps et de réflexion autour de la gestion de l'exploitation que ce soit au niveau de la fertilisation (accès et mécanisation sur la parcelle) ou au niveau de la structure extérieure (accès aux mangeoires et abreuvoirs). Enfin, plusieurs éleveurs ont relevé le fait que « *Les jours d'avance ne reflètent pas vraiment la réalité* ».

Un éleveur à parler du fait que l'ARP pourrait **chiffrer les conseils** qu'elle propose : « *L'ARP parle beaucoup de technique mais ils ne chiffrent pas leur conseil, ils ne chiffrent pas leurs actions.* ». Ceci peut s'appliquer au niveau des conseils de :

- La fertilisation : « *Si j'enlève les adventices combien je gagne en plus ?* » ;
- Le réajustement du parcellaire : l'ARP a déjà effectué des propositions aux différents éleveurs mais sans chiffrer le nombre de mètres de clôture nécessaire ;
- Le fauchage : « *Si je mets en place le raisonnement de l'ARP, je devrais faucher deux ou trois fois par an au lieu d'une, par contre c'est des coûts de mécanisation en plus, c'est de l'engrais en plus, c'est du plastique en plus et la main d'œuvre.* » ;

Enfin, concernant les **formations** plusieurs éleveurs ont assisté à des animations sur le « *pâturage tournant dynamique* », « *les indices NPK* » ou encore « *des restitutions sur les analyses de sol* ». Un éleveur a parfois été gêné par la proportion éleveurs/techniciens très inégale (3 éleveurs et 15 personnes pour l'encadrement)<sup>9</sup>.

Les éleveurs m'ont ensuite fait part **des thèmes d'animations auxquels ils aimeraient participer**. « *Faire un mini audit sur ce que c'est la matière sèche, l'azote, qu'est-ce que ça amène au sol le potassium, le calcium et suite à ça proposer des formations.* » il rajoute qu'il ne faut « *pas parler de formation parce que ça peut faire peur à certaines personnes.* ». Une réunion qui reprendrait « *le béaba de l'élevage, par exemple l'ARP fait des analyses de sols et de fourrages. Est-ce que l'éleveur sait interpréter une analyse de fourrages ?* ».

Une rencontre entre éleveurs de l'Observatoire a également été proposée pour « *amener les gens à s'ouvrir* » en utilisant la « *pédagogie active* ». Cette demi-journée permettrait de se questionner sur différents sujets concernant l'Observatoire, comme par exemple : « *D'après vous pourquoi on a mis en place le suivi de l'observatoire chez vous ?* », « *Quelles sont vos attentes ?* », « *Quelles sont les lacunes, qu'est-ce que l'observatoire vous a apporté ?* », « *Qu'est-ce que vous pensez qu'on doit mettre en place ?* ».

Enfin, les objectifs des éleveurs suivis sont les suivant : « *Je souhaite réduire ma part de concentrés.* », « *avoir un fourrage de qualité et des animaux en bonne santé* », d'autres souhaitent optimiser leurs parcelles et leur production.

Pour conclure, des propositions d'amélioration ont été proposées à l'ARP et seront développées dans la conclusion.

---

<sup>9</sup> L'ARP invite plus d'éleveurs que de techniciens, malheureusement les éleveurs sont moins disponibles.

## DISCUSSION

Le premier objectif du stage est d'évaluer les facteurs de variations de la densité de l'herbe à la Réunion afin d'obtenir une table de densités mensuelles. Le deuxième étant d'analyser la croissance de l'herbe avec les nouvelles densités déterminées précédemment.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence que les facteurs influençant la pousse de l'herbe, en milieu tropical ou tempéré, sont liés non seulement aux conditions climatiques (Bellon *et al.*, 1999 ; Delagarde et O'Donovan, 2005 ; McDonald, 2004), aux modes d'exploitations (Ansquer *et al.*, 2009) et à la fertilisation (Salette et Lemaire, 1982). À l'issue de cette étude portant sur l'analyse des densités et des croissances de l'herbe, des facteurs agissant sur la pousse de l'herbe sur l'île de la Réunion ont été identifiés. Les résultats montrent que ces facteurs ont fait varier la densité et ont, par conséquent, un effet sur la croissance de l'herbe.

Dans un premier temps, l'impact des différents facteurs utilisés lors de la modélisation seront discutés ci-dessous. Dans un second temps, on abordera le modèle ainsi que les résultats obtenus.

### I. Les facteurs impactant la densité de l'herbe

#### A. La variation intra-annuelle par zone

Dans cette partie l'évolution de la densité intra-annuelle par zone va être discutée.

L'Australie est une bonne référence pour la Réunion dans certains cas où les espèces tropicales et le climat peuvent se rapprocher, « En Australie, la variabilité des précipitations est particulièrement prononcée » (O'Reagain et Scanlan, 2013). Dans cette étude, on constate que la pluviométrie semble influencer la densité de l'herbe, observation également visible dans la littérature « Les faibles précipitations ont affecté la dynamique de toutes les graminées » (Orr et O'Reagain, 2011). C'est pourquoi il a été choisi d'observer si le climat pouvait intégrer de manière pertinente le modèle.

Comme nous l'avons vu sur la figure 17, représentant la densité mensuelle de l'herbe par zones, on constate une variation mensuelle plus ou moins importante selon la zone d'étude. De plus, le tableau 11 confirme qu'il existe une différence significative entre les zones par rapport à la densité de l'herbe. Dans cette étude, trois zones issues de trois microrégions ont été choisies, chacune ayant un climat particulier. Tout d'abord, la zone des Hauts de l'Ouest débute à plus de 1000m d'altitude et se situe sur la façade sous le vent de l'île. La zone des Plaines désigne les hauts plateaux situés à la limite de la façade au vent, à plus de 1000m d'altitude, et enfin la zone Sud où l'altitude ne dépasse pas les 1000m.

Sur la figure 18, c'est la courbe des Hauts de l'Ouest qui possède la plus grande amplitude, avec une baisse importante observée de janvier à avril puis une augmentation progressive de mai à décembre. Cette différence peut s'expliquer par des aléas climatiques bien marqués. Située en milieu tropical et possédant un gradient d'altitude élevé, la Réunion enregistre une pluviométrie et une température annuelles très spécifiques, impactant considérablement la pousse de l'herbe (Météo France, 2019 ; Raunet, 1991). À l'abri du vent, la partie ouest de l'île enregistre la plus faible pluviométrie (Figure 2). On observe pour cette zone une période de sécheresse très prononcée de mai à décembre (Annexe 4). La diminution de la densité de l'herbe visible dans les Hauts de l'Ouest, de janvier à avril, semble due à l'arrivée des pluies, débutant en novembre. Toutefois, cette variation mensuelle est moins visible dans les Plaines ou le Sud. En effet, dans

ces deux zones la pluviométrie est certes beaucoup moins importante en période fraîche (de juin à octobre) qu'en saison des pluies (de novembre à mai) mais elle reste tout de même plus importante que celle dans les Hauts de l'Ouest (Annexe 4).

Enfin, sur la figure 18 c'est la zone des Plaines qui possède la plus petite amplitude de densités (132 kg de MS/ha/cm) et la plus faible variation mensuelle. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les Plaines se situent à la limite de la façade au vent, soit une saison chaude très pluvieuse et des températures annuelles moyennes plus faibles (entre 10°C et 15°C) (Annexe 3).

Finalement, la zone n'est pas un facteur intégré dans le modèle, c'est le mois, plus précis, qui fut choisi. Cette décision est en accord avec la littérature comme l'évoque Defrance *et al.* (2004) « le mois est le facteur prépondérant de la variation de densité ».

## B. La relation hauteur d'herbe et taux de matière sèche

La croissance de l'herbe est calculée à partir de la densité de l'herbe correspondant à la quantité de matière sèche contenue dans un centimètre d'herbe sur une surface d'un hectare.

La hauteur d'herbe et le taux de matière sèche sont deux facteurs utilisés lors du calcul de la densité de l'herbe. Ces derniers sont donc susceptibles de l'influencer, comme l'évoque Dos Santos *et al.* « Au cours des mois considérés comme secs, on a constaté une diminution de la hauteur d'herbe et de la teneur en humidité, se traduisant par une diminution de la densité de l'herbe ». C'est pourquoi ce sont des éléments importants à étudier si l'on veut comprendre les variations de la croissance de l'herbe.

Le tableau 14 indique qu'il existe une différence significative entre les catégories de taux de matière sèche par rapport à la densité de l'herbe. La figure 13 montre que plus la densité est élevée plus le taux de matière sèche augmente. Ces résultats sont en accord avec la littérature, « la densité de l'herbe est corrélée positivement à la teneur en matière sèche » (Defrance *et al.*, 2004).

Le tableau 15 met en évidence une différence significative entre une densité obtenue sur une hauteur d'herbe inférieure à 13 cm et une densité obtenue sur une hauteur d'herbe supérieure à 13 cm. La figure 14 représente la tendance que suit la densité de l'herbe en fonction de la hauteur d'herbe. On constate que plus l'herbe est haute plus la densité est faible. Comme l'explique Defrance *et al.* (2004) « Tout se passe comme si l'eau, présente dans ou sur la plante, rendait celle-ci plus résistante à la compression par le plateau de l'herbomètre ». Ainsi, une herbe riche en eau semble plus retenir le plateau de l'herbomètre. La hauteur d'herbe mesurée est donc plus grande.

Pour conclure, étant donné l'influence de la hauteur d'herbe et du taux de matière sèche sur la densité de l'herbe, ces deux facteurs ont été pris en compte lors de la création du modèle statistique.

## C. La variation causée par le tapis de kikuyu

Comme nous l'avons vu précédemment le kikuyu occupe 70% des surfaces en herbe réunionnaises. Cette graminée tropicale forme des racines sous terre et par-dessus, appelés stolons. Ces racines aériennes recouvrent le sol et lorsque le couvert végétal vieillit, les stolons forment un tapis. Après discussion avec des experts de la pousse de l'herbe il nous a paru judicieux d'étudier l'influence du tapis sur la densité de l'herbe. De plus, comme le mentionne O'Connor dans son article publié en 1994, « La densité a augmenté chez toutes les espèces en

réponse à plusieurs années sèches successives ». Cette différence pourrait s'expliquer par l'augmentation du taux de matière sèche de l'herbe en période sèche. Ainsi, le tapis est un élément important à étudier pour comprendre la dynamique de la pousse de l'herbe à la Réunion.

Si l'on regarde le tableau 13, on remarque qu'il existe une différence significative de densité lorsqu'il y a présence d'un tapis de kikuyu sur la parcelle et lorsqu'il n'y en a pas. Comme le confirme la figure 19, qui représente l'évolution de la densité mensuelle en fonction de la présence d'un tapis ou non, on constate une variation mensuelle beaucoup plus importante sur les prairies possédant un tapis.

La tendance suivie par les densités de l'herbe sur la figure 19 est comparable à la courbe de densités mensuelles des Hauts de l'Ouest (Figure 18). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que toutes les exploitations se trouvant dans la zone des Hauts de l'Ouest ont un tapis.

Sur la figure 19, la diminution de la densité de l'herbe visible de janvier à avril est beaucoup plus marquée sur des parcelles ayant un tapis. En effet, le kikuyu pousse très vite dès lors que la pluviométrie recommence à être importante. De mai à octobre la pluviométrie diminue et la croissance du kikuyu ralentit donc considérablement. Ainsi, la hauteur d'herbe mesurée est faible mais le taux de matière sèche est très élevé. Comme évoqué précédemment, le calcul de densité est le rapport entre la quantité de matière sèche prélevée et la hauteur d'herbe mesurée, on obtient donc des densités élevées en période fraîche.

Le facteur tapis a donc été intégré dans le modèle statistique.

Cependant, d'autres espèces tropicales ou tempérées occupent également une partie des prairies réunionnaises. La réalisation d'une Analyse en Composantes Principales (Figure 11) sur les espèces végétales a permis de mettre en évidence des similarités ou des oppositions entre les différentes parcelles ou exploitations. Ainsi, il a été défini quatre classes de couverts herbacés : dactyle – brome, kikuyu, houlque – plantain et ray-grass – trèfle – flouve. Dans ces quatre classes le kikuyu est l'espèce qui reste majoritaire. Le tableau 6 indique que la densité de l'herbe augmente légèrement en présence de graminées tempérées.

Finalement, le facteur espèce ne peut être intégré dans le modèle en raison de la faible représentativité de certaines espèces. Comme le montre la figure 11, la houlque laineuse est représentée uniquement par l'ODH 5 et le ray-grass – trèfle - flouve par l'ODH 9. Cependant, l'ODH 9 a été retiré de l'analyse statistique dû au faible nombre d'observations enregistré.

Finalement, intégrer le facteur espèce dans le modèle n'aurait pas été assez pertinent.

Pour conclure, l'étude a permis de soulever différents facteurs de variations influençant la densité de l'herbe à la Réunion. Les facteurs retenus pour la création du modèle sont ceux étant significativement associés à la densité de l'herbe soit : le mois, le tapis, la hauteur d'herbe et le taux de matière sèche. On les désigne comme effets fixes, c'est-à-dire qu'on suppose non aléatoire. En revanche, l'exploitation et les parcelles sont également intégrées au modèle mais cette fois-ci en tant qu'effets aléatoires. Ces derniers permettent de prendre en considération la collecte de données au cours du temps chez un même individu et/ou le fait qu'il existe plusieurs réponses disponibles pour un même individu pour une même mesure.

En statistique, c'est le modèle linéaire mixte qui permet de traiter les effets fixes et aléatoires. C'est donc ce type de modèle qui a été choisi pour cette étude.

## II. Le modèle statistique

L'objectif du modèle statistique est de créer une table de densité plus précise que celle utilisée actuellement par l'ARP. En effet, le calcul de croissance de l'ARP repose sur une table de densité composée de valeurs constantes par exploitations (Tableau 19). Approche qui est utilisée dans la majorité des observatoires de la pousse de l'herbe qui possèdent leurs propres mesures. Ainsi, le modèle statistique a abouti à la création d'une abaque des densités moyennes mensuelles croisées aux différentes modalités des facteurs sélectionnés (Tableau 17). Parmi ces densités certaines valeurs ont été mises en rouge. Cela signifie qu'aucune valeur de densité n'a jamais été calculé pour ces types de croisements et que le modèle a du prédire.

Ces densités prédites (densités manquantes à la base) peuvent s'expliquer par un biais au niveau de la construction du dispositif expérimental ou simplement par des conditions climatiques qui ne permettent pas d'obtenir certains croisements. Premièrement, l'étude a pris en compte un total de dix exploitations ce qui n'est peut-être pas suffisant pour avoir une vision globale de l'île concernant les types de couverts herbacés. Cependant, des considérations de moyens humains et financiers rentrent en jeu. De plus, la Réunion enregistre de nombreuses microrégions dans lesquelles le climat diffère fortement et cela, parfois même au sein d'une exploitation. Le suivi de l'Observatoire n'intègre peut-être pas suffisamment d'exploitations. Deuxièmement, les conditions climatiques actuelles ne permettent peut-être pas d'observer certaines combinaisons de modalités très particulières. Par exemple, 7 valeurs mensuelles ont été prédites dans la colonne représentant une parcelle sans tapis, avec une hauteur d'herbe supérieure à 13 cm et un taux de matière sèche à plus de 30%. Ceci peut s'expliquer par les propos mentionnés ci-dessus dans la partie discussion sur la relation entre la hauteur d'herbe et le taux de matière sèche. Soit, une herbe riche en eau semble plus retenir le plateau de l'herbomètre et par conséquent la hauteur d'herbe mesurée est plus grande (Defrance *et al.*, 2004). Finalement, une herbe à plus de 30% de matière sèche est une herbe qui a largement dépassée le stade préconisé pour être valorisée. Les techniques de gestion de pâturage utilisées à la Réunion pourraient également expliquer le fait de ne pas avoir observé certaines densités.

### A. Les croissances

La création de cette table de densité a permis de calculer de nouvelles croissances. La figure 31, représentant les courbes de croissance moyenne des densités de l'ARP et des densités prédites, permet de comparer les deux modes de calculs. Ces courbes de croissances peuvent être comparées à d'autres références tropicales, issues d'études australiennes. Par exemple, la courbe de croissance obtenue pour l'île de la Réunion (Figure 32) est comparable à celles évoquées dans l'article scientifique de McDonald (2004) portant sur l'adaptation des pâturages tournants dans les régions côtières d'Australie. Sous des conditions climatiques proches de celles de notre étude et des pâturages tournants effectués sur des prairies composées essentiellement de kikuyu, on constate que la croissance de l'herbe est importante de novembre à février. Ce phénomène semble en accord avec les résultats de notre étude. En effet, sur les deux courbes, la croissance diminue de janvier à juin passant d'environ 100 kg de MS/ha/j à environ 30 kg de MS/ha/j. Celle-ci stagne pendant quatre mois jusqu'à septembre, avant de réaugmenter.

Les références tropicales sur la pousse de l'herbe concernent principalement les prairies australiennes. Le système d'élevage réunionnais et son climat tropical pourrait également être comparé à des cas en Inde, Amérique du Sud ou Afrique cependant, les types de gestions et/ou

de prairies (savane ou pampa) diffèreraient. On remarque donc que les références tropicales sont bien moins nombreuses que celles en milieu tempéré.

Toutefois, l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe à la Réunion suit le même protocole que ceux situés en métropole, à quelques différences près. La prise en compte de la valeur alimentaire des espèces végétales est intégrée au protocole réunionnais contrairement à l'hydromorphie des parcelles et l'état floristique des végétaux. Le fort relief présent sur l'île ainsi que les quelques espèces de graminées tempérées peuvent être assimilés aux conditions climatiques européennes. Il est donc possible de comparer la courbe de croissance de la Réunion avec celle de la région Franche-Comté (Belot et Brulat, 2017) ou celle de l'Irlande par exemple. En effet, il est intéressant de comparer cette dernière avec l'île de la Réunion car « L'Irlande connaît des conditions qui favorisent la croissance de l'herbe pendant la plus grande partie de l'année » (Hurtado-Uria *et al.*, 2013). On remarque que la croissance de l'herbe suit la même tendance que ce soit en Franche-Comté ou en Irlande. Comme le montre Hurtado-Uria *et al.* l'herbe pousse beaucoup d'avril à août. Ce phénomène est inversé pour la Réunion dû au changement d'hémisphère où l'herbe pousse beaucoup de novembre à avril. Cependant, la croissance de l'herbe européenne atteint des valeurs très faibles voire nulles pendant la période hivernale, de novembre à février. En revanche, à la Réunion, les croissances les plus faibles sont observées de juin à septembre. Celles-ci restent cependant bien supérieures aux valeurs européennes, environ 30 kg de MS/ha/j.

## B. Les facteurs non pris en compte dans l'étude

Dans cette partie le choix concernant les facteurs non pris en compte dans le diagnostic du modèle sera discuté.

Au-delà des caractéristiques climatiques, les recherches effectuées chez les éleveurs ont montré l'importance des modes d'exploitation sur la dynamique de pousse de l'herbe. En effet, le temps de rotation des animaux peut impacter la croissance et qualité des fourrages. Par exemple, suite à une revue de la littérature, Mears (1970) semble dire que le pâturage fréquent et dur est susceptible de maximiser la production de kikuyu. En effet, chaque variété de fourrage possède un optimum de repousse à ne pas dépasser afin de garder le meilleur apport.

Le mode d'exploitation englobe également la fertilisation. Celle-ci permet de valoriser le potentiel de production aussi bien les années sèches que les années pluvieuses. Les indices NPK (azote, phosphore et potassium) sont à intégrer dans le processus de la pousse de l'herbe, étant donné que la production augmente avec le niveau de fertilisation azotée. En accord avec la littérature australienne de Orr et O'Reagain (2011), on observe que la croissance des graminées diffère selon si elles ont reçu un apport en azote ou non. Cette différence est d'autant plus marquée sur le kikuyu. Celui-ci semble plus sensible à la fertilisation que les autres espèces étudiées. Salette *et al.* (1982) ajoute que « Le tracé de la courbe de l'azote absorbé en fonction du temps correspond assez précisément à celui des courbes de croissance ». Cette réponse confirme le caractère limitant de cet élément sur la productivité fourragère (Pons *et al.*, 1990 ; Van Duren et Pegtel, 2000).

Intégrer ce type d'informations à l'analyse statistique semble être pertinent, cependant le manque de données ou le faible accès à ce type de données n'a pas permis de le réaliser dans cette étude.

## CONCLUSION

Premièrement, ce travail a permis de décrire l'influence de quelques facteurs de variations sur la densité et la croissance de l'herbe. Ainsi, ont été mis en évidence un important effet du mois, du tapis de kikuyu, de la hauteur de l'herbe et enfin de la teneur en matière sèche. Cela a conduit à l'élaboration d'une grille de densité permettant à l'ARP une évaluation plus précise du stock d'herbe disponible sur la parcelle et de la croissance de l'herbe. Par la suite, le conseil agricole délivré par l'ARP devrait être plus en phase avec la réalité du terrain. Sur la base de ce travail, l'ARP a prévu en 2021 de revoir entièrement son conseil en matière de conception et de gestion des systèmes pâturants. L'abaque de densité d'herbe va permettre d'éditer de nouvelles courbes de croissance 2017-2020 pour les trois secteurs suivis. Ainsi, l'ARP va pouvoir découper l'année en plusieurs « saisons pratiques » pour lesquelles elle définira des chargements (UGB/ha, are/UGB) et des rotations adaptés (temps de repousse). Elle va également pouvoir redéfinir ses règles de décisions pour concevoir des parcellaires flexibles et adaptés à la pousse de l'herbe (taille des parcelles, nombres de parcelles, etc.).

Deuxièmement, concernant la partie sur la diffusion du conseil agricole il est important de faire la différence au sein de l'ARP entre la partie recherche et la partie conseil. Le suivi de l'Observatoire de la pousse de l'herbe ne concerne que la partie conseil et plusieurs points peuvent être évoqués. Tout d'abord, il est important de mentionner le fait que les éleveurs aiment avoir un avis extérieur qui les encourage plus ou moins à se remettre en question et aspirer à de nouvelles pratiques. Les analyses de sols et de fourrages sont les résultats qui sont le plus appréciés par les adhérents. De plus, sur les comptes rendus hebdomadaires beaucoup d'informations non essentielles viennent perturber le lecteur. L'éleveur ne comprend pas forcément tous les indicateurs mentionnés, c'est pourquoi il reste encore un travail de formations important pour l'ARP afin d'amener les éleveurs à bien utiliser tous les indicateurs en leur possession. Dès à présent, l'ARP va se servir des résultats obtenus lors de mon stage pour prendre du recul sur leur suivi mis en place depuis trois années. Ils vont ainsi pouvoir questionner et réajuster leurs indicateurs.

A la suite des différentes rencontres avec les éleveurs j'ai pu formuler quelques recommandations pour l'ARP sur leurs modes de diffusion de l'information ou sur le suivi de l'Observatoire en général, présentés ci-dessous :

- **Faire un index**, en expliquant tous les indices présentés dans le classeur ;
- **Mettre des valeurs référentes**, (moyenne, minimum, maximum) afin de permettre à l'éleveur de se positionner plus facilement surtout pour la partie indice de nutrition ;
- **Comparer les exploitations**, d'une même zone par exemple pour que les éleveurs puissent se comparer ;
- **Ajouter les données de l'année N-1**, pour se rendre compte de l'évolution de l'exploitation. Cependant, pour le moment, le manque de données ne le permettait pas ;
- **Ajouter un graphique représentant la répartition des fourrages au sein de l'exploitation** (fauche/pâture/vente), pour avoir une vision globale de la production de l'éleveur ;
- **Faire un paragraphe « partage de conseil »**, qui reprendrait les actions innovantes ou efficaces de certains éleveurs concernant l'alimentation, le désherbage, etc. ;
- **Ajouter une fiche technique**, qui servirait d'introduction au classeur. Elle servirait à décrire les tendances de l'éleveur et ainsi mieux comprendre son fonctionnement ;
- **Changer le suivi de lot**, à partir d'une certaine période. Cela permettrait à l'éleveur de comparer ses différents lots de parcelles. Cette dernière remarque est plus intéressante

pour l'éleveur que pour l'Observatoire. Ce dernier a pour souhait de faire bénéficier ce suivi à d'autres éleveurs plutôt que de rester cantonné à un cercle restreint.

Pour conclure, d'un point de vue professionnel je suis satisfaite d'avoir réalisé mon stage de fin d'études au sein du pôle élevage du CIRAD de Saint Pierre. Co-encadrée par l'ARP, j'ai pu allier deux domaines : la recherche et le développement. J'ai découvert le fonctionnement d'un Observatoire de la Pousse de l'Herbe et le fonctionnement des fourrages, les sorties terrains pour récolter les données, les analyses SPIR et enfin les interactions qu'une association comme l'ARP peut avoir avec ses adhérents. J'ai fortement approfondi mes connaissances en statistiques suite à l'analyse des densités et des croissances de l'herbe mais également en gestion et organisation des données. Et enfin, j'ai développé mes compétences en rédaction avec l'écriture de ce mémoire. Finalement, mon stage a abouti à la modification des calculs de croissance de l'herbe de l'ARP.

# TABLE DES ANNEXES

## Annexes

<b>Annexe 1.</b> Résumé des différents projets et leurs objectifs. ....	78
<b>Annexe 2.</b> Exemple d'un compte rendu hebdomadaire de l'Observatoire de la Pousse de l'Herbe à la Réunion. ....	79
<b>Annexe 3.</b> Diagrammes des températures mensuelles par année et par exploitations. Les Hauts de l'Ouest concerne les exploitations 2, 4 et 5. Les Plaines sont les exploitations 1, 6, 7, 9 et 10. Enfin le Sud sont les exploitations 3 et 8. ....	80
<b>Annexe 4.</b> Diagrammes des pluviométries mensuelles par année et par exploitations. Les Hauts de l'Ouest concerne les exploitations 2, 4 et 5. Les Plaines sont les exploitations 1, 6, 7, 9 et 10. Enfin le Sud sont les exploitations 3 et 8. ....	81
<b>Annexe 5.</b> Évolution des densités mensuelles de l'herbe des Hauts de l'Ouest et de la moyenne des deux autres zones (Plaines et Sud). ....	81
<b>Annexe 6.</b> Interactions entre la proportion de kikuyu et la zone. ....	82
<b>Annexe 7.</b> Interactions entre la proportion de kikuyu et la hauteur d'herbe. ....	82
<b>Annexe 8.</b> Interactions entre la proportion de kikuyu et le taux de matière sèche. ....	83
<b>Annexe 9.</b> Interactions entre le taux de matière sèche et la hauteur d'herbe. ....	83
<b>Annexe 10.</b> Interactions entre la présence d'un tapis de kikuyu et la hauteur d'herbe. ....	84
<b>Annexe 11.</b> Interactions entre la présence d'un tapis de kikuyu et le taux de matière sèche. ....	84
<b>Annexe 12.</b> Interactions entre la présence d'un tapis de kikuyu et la proportion de kikuyu. ....	85
<b>Annexe 13.</b> Table de densité mensuelle moyenne en fonction du tapis et de la hauteur d'herbe. ....	85
<b>Annexe 14.</b> Echo des prairies du mois de novembre 2020. ....	87

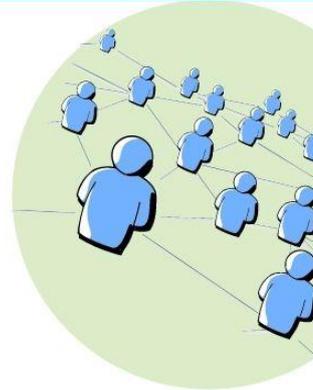
## ANNEXES

# RÉSEAU RÉGIONAL MULTI-PARTENARIAL POUR GÉRER L'ADAPTATION DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE DE RUMINANTS

## PréRad (création 2014)

Plateforme qui soutient 5 grands réseaux :

- l'élevage (ARChE/ECLIPSE),
- la santé animale et humaine,
- la protection des plantes,
- les ressources génétiques,
- la qualité des aliments.



## ARChE (2012-2015) ECLIPSE (2015-2020)

Projets de caractérisation agronomique et environnementale des ressources. Leur but est de développer des outils permettant l'évaluation de la qualité et de la quantité des ressources disponibles pour l'élevage de ruminants.

L'évaluation doit être possible à plusieurs échelles : de la parcelle au territoire. C'est dans ce cadre qu'a été créé l'ODH.



## ODH (2017-2020)

Il fait partie du RITA de la Réunion.

L'ODH vise à mieux comprendre les dynamiques de la pousse de l'herbe et valoriser ces connaissances en élevage bovin. L'objectif est de tendre vers une autonomie fourragère à l'échelle de l'île.



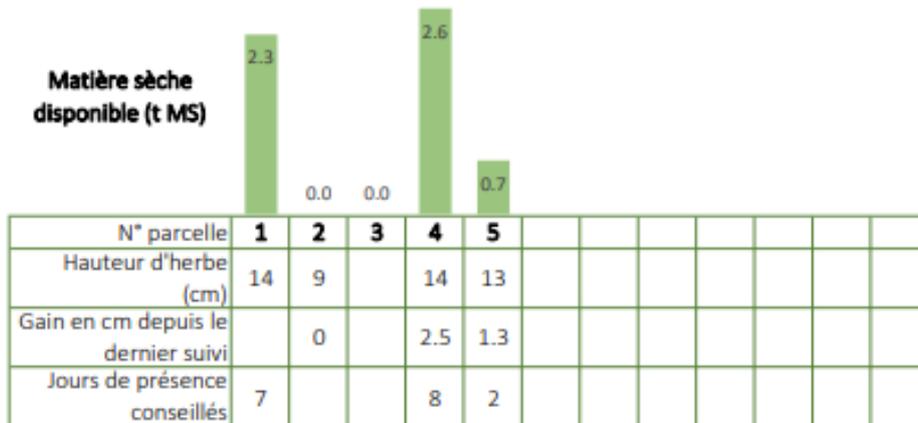


## OBSERVATOIRE DE LA POUSSE DE L'HERBE



Elevage : MR CORRE RICHARD  
 Date de suivi : 05/08/2020  
 Suivi réalisé par : TEXIER JUSTINE

### STOCK D'HERBE DISPONIBLE



**Chargement :** 1.8 ugb/ha  
**Surface allouée :** 57 are/ugb  
**Besoin du troupeau :** 0.34 t MS/jour  
**Stock d'herbe sur pieds :** 5.6 t MS/ha  
**Jours d'avance :** 16 jours

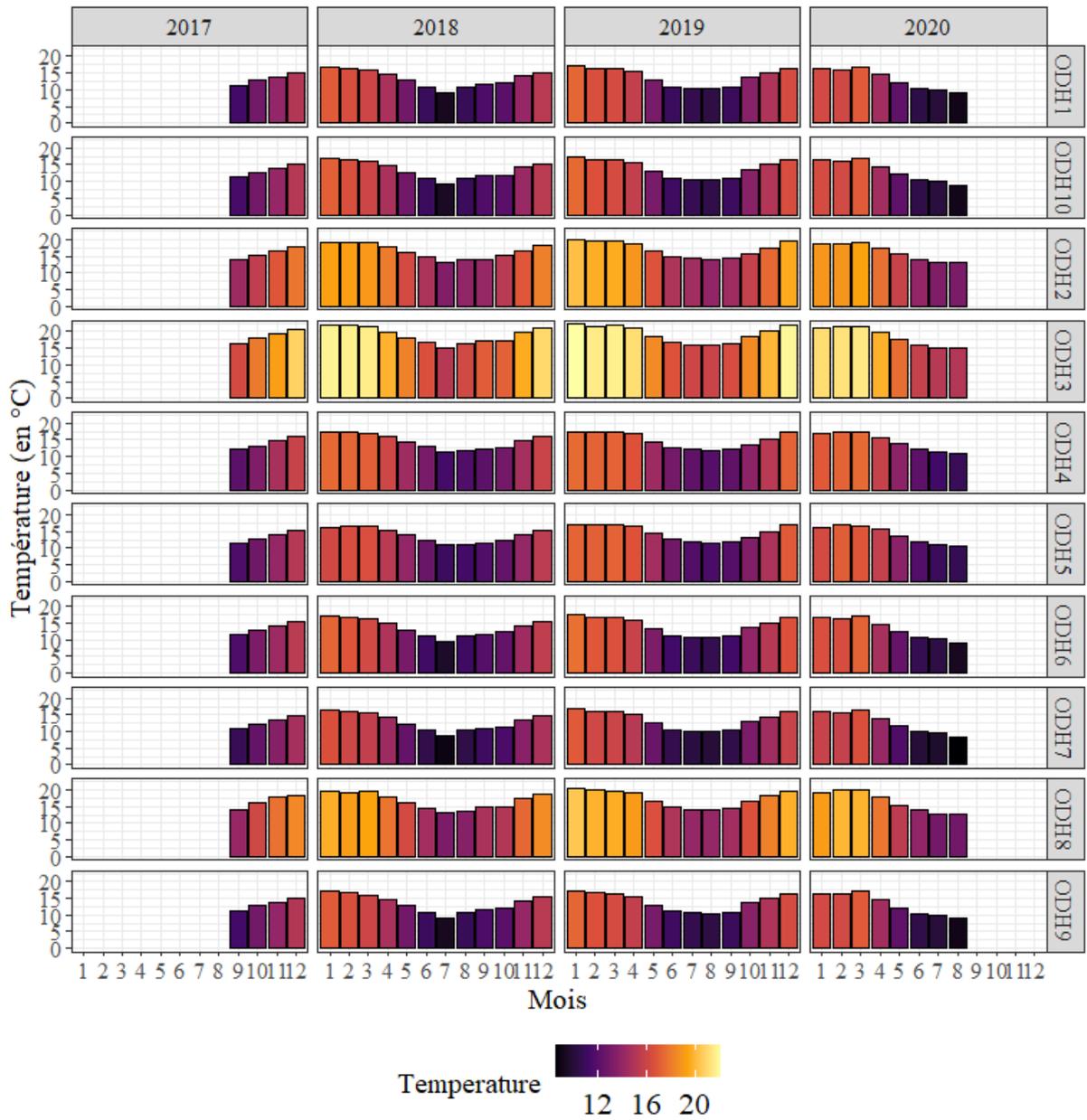
### QUALITE DE L'HERBE PATUREE

Date de prélèvement : 10/06/2020

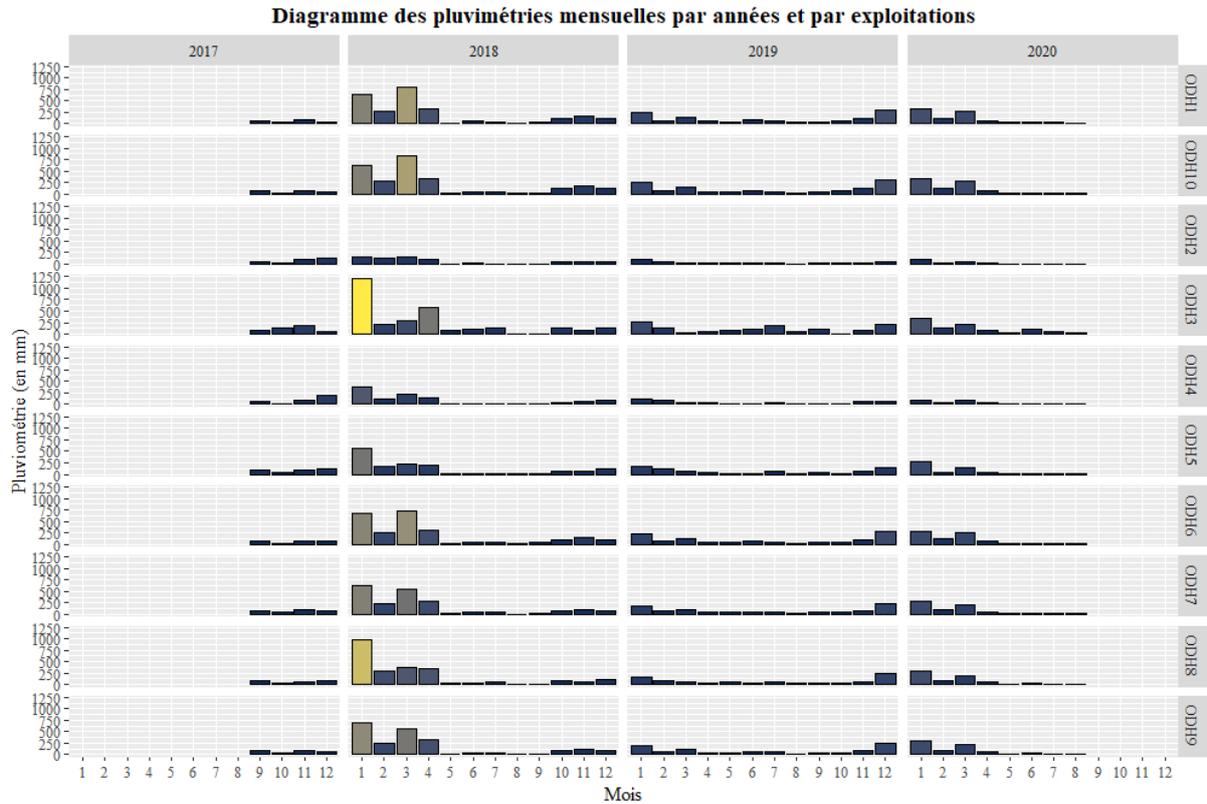
Indicateur	unité	Valeur	passable	moyen	bon	très bon
Matière sèche (% MB)		24.35				
Cellulose brute (% MS)		20.64				
Digestibilité (% MS)		68.05				
Encombrement (u/kg MS)		1.02				
Protéines (%MS)		18.31				
UFL (u/kg MS)		0.89				

### COMMENTAIRES

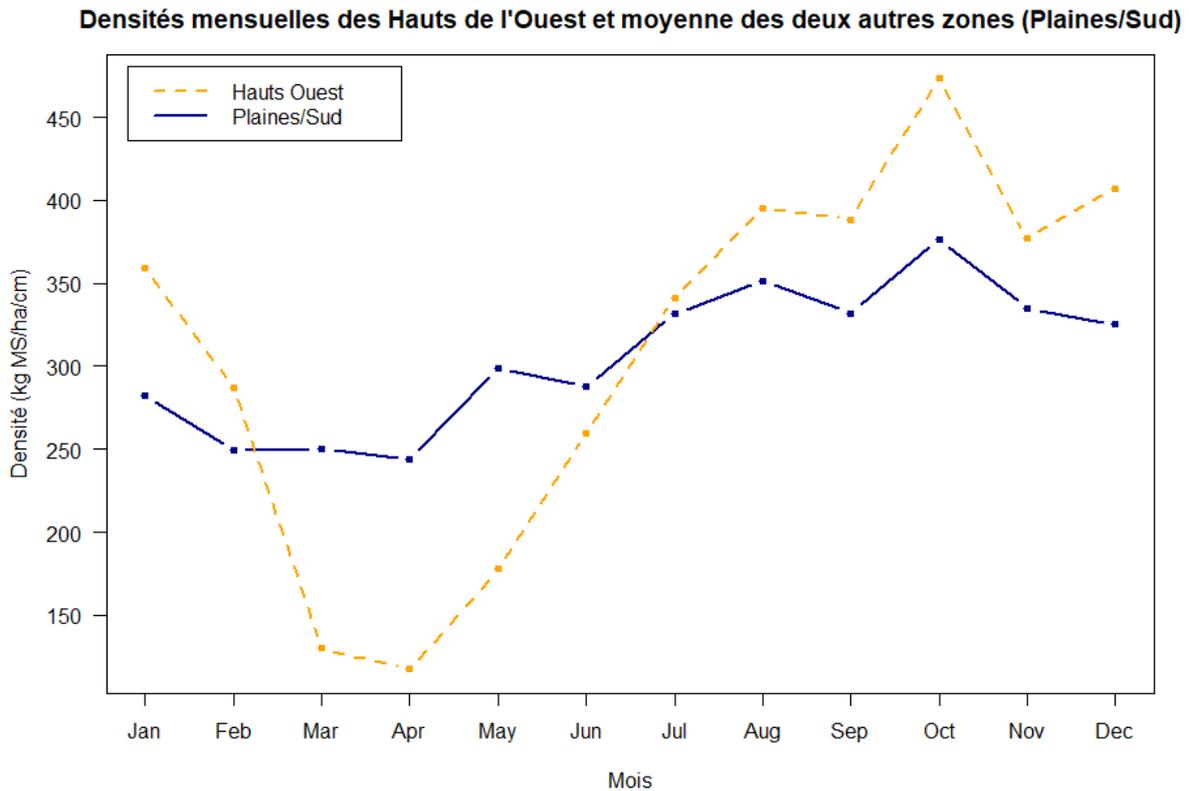
La parcelle 03 est en cours de pâturage. La pousse de l'herbe est toujours au ralenti. Le stock d'herbe est de 5,6 t MS soit 16 jours d'avance. Cela ne permettra pas de satisfaire la totalité des besoins du lot il est donc nécessaire d'affourager avec l'équivalent d'une demi ration journalière afin que l'herbe puisse repousser. L'analyse d'herbe est un échantillon prélevé sur la parcelle P05 le 10/06/2020 à une hauteur d'environ 15 cm herbomètre.



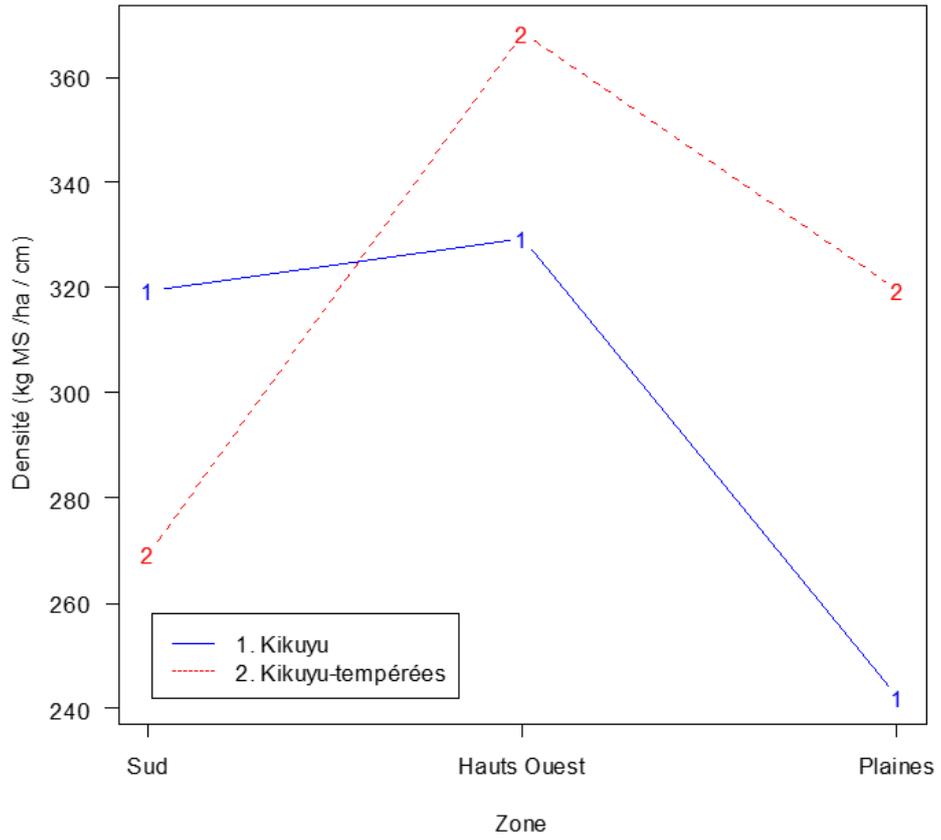
*Annexe 3. Diagrammes des températures mensuelles par année et par exploitations. Les Hauts de l'Ouest concerne les exploitations 2, 4 et 5. Les Plaines sont les exploitations 1, 6, 7, 9 et 10. Enfin le Sud sont les exploitations 3 et 8.*



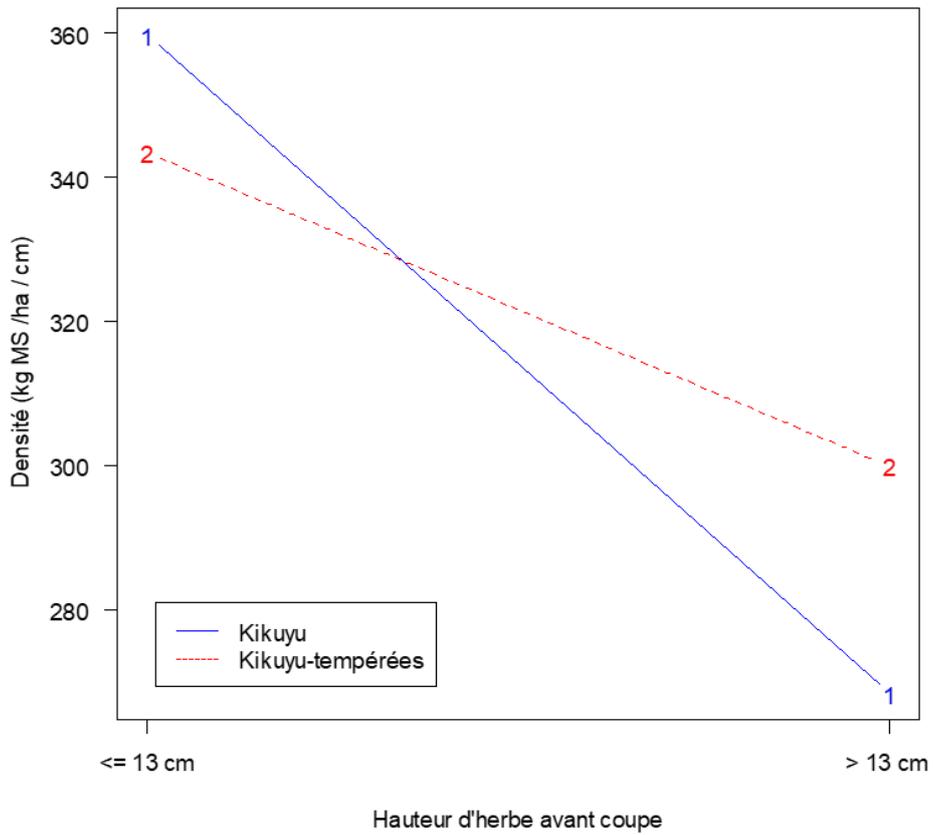
*Annexe 4. Diagrammes des pluviométries mensuelles par année et par exploitations. Les Hauts de l'Ouest concerne les exploitations 2, 4 et 5. Les Plaines sont les exploitations 1, 6, 7, 9 et 10. Enfin le Sud sont les exploitations 3 et 8.*



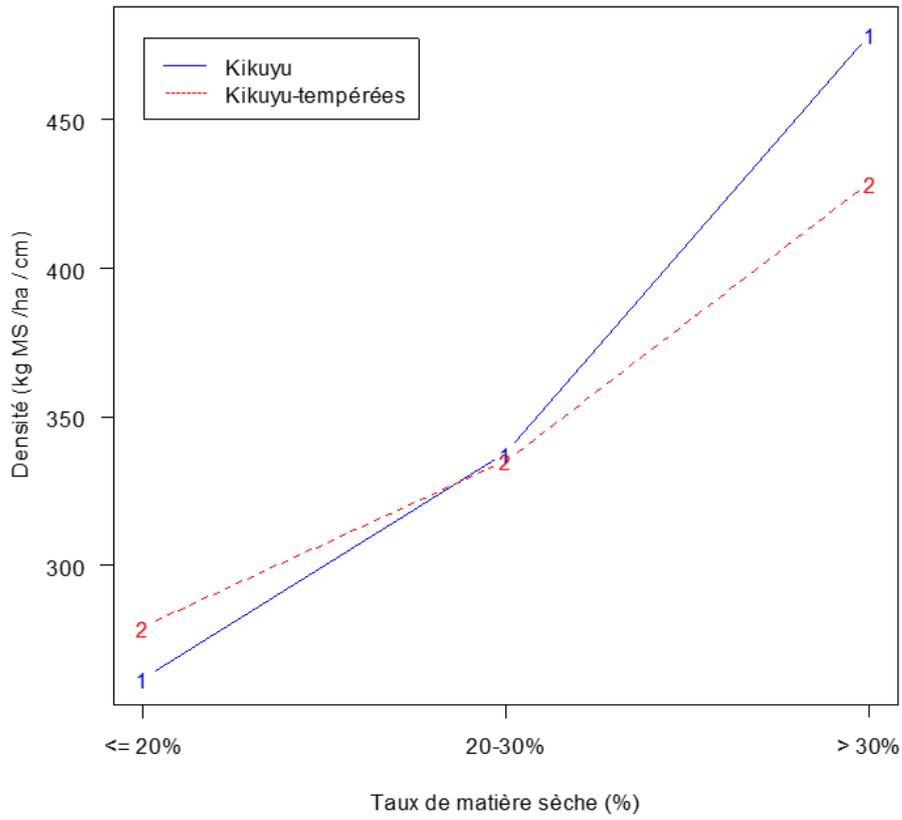
*Annexe 5. Évolution des densités mensuelles de l'herbe des Hauts de l'Ouest et de la moyenne des deux autres zones (Plaines et Sud).*



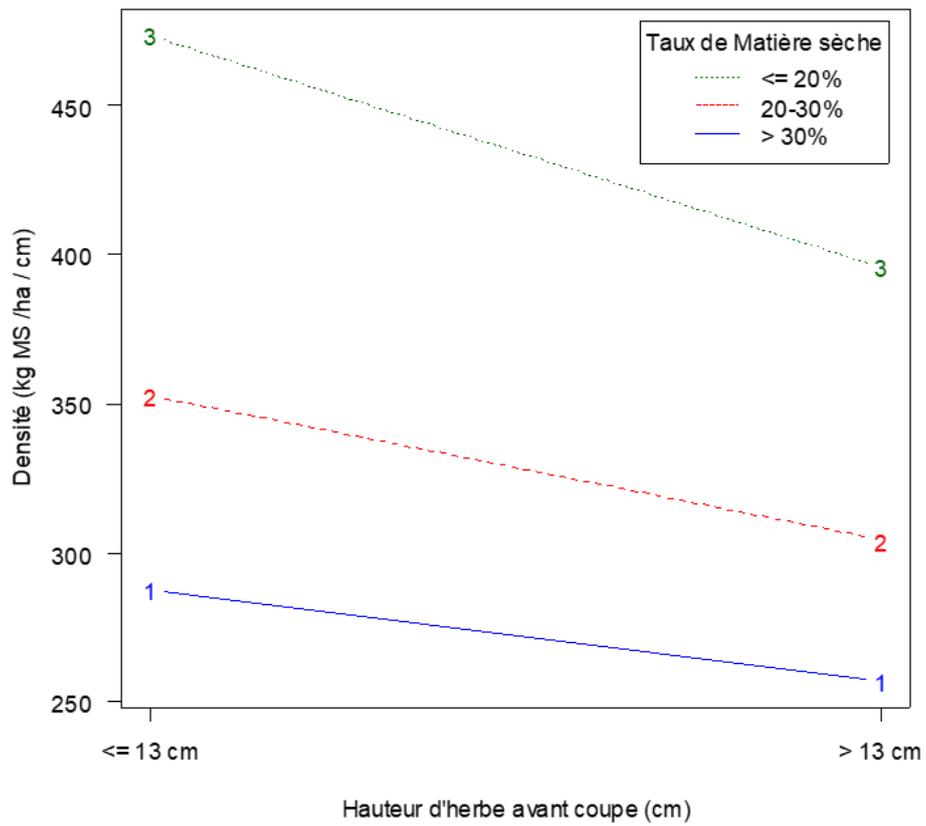
*Annexe 6. Interactions entre la proportion de kikuyu et la zone.*



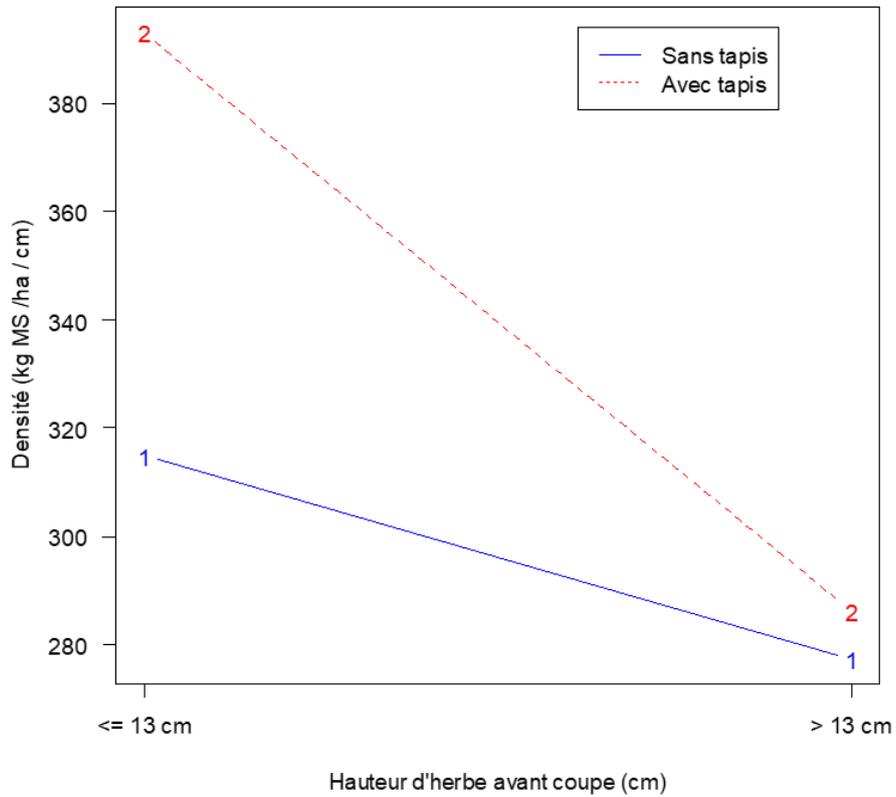
*Annexe 7. Interactions entre la proportion de kikuyu et la hauteur d'herbe.*



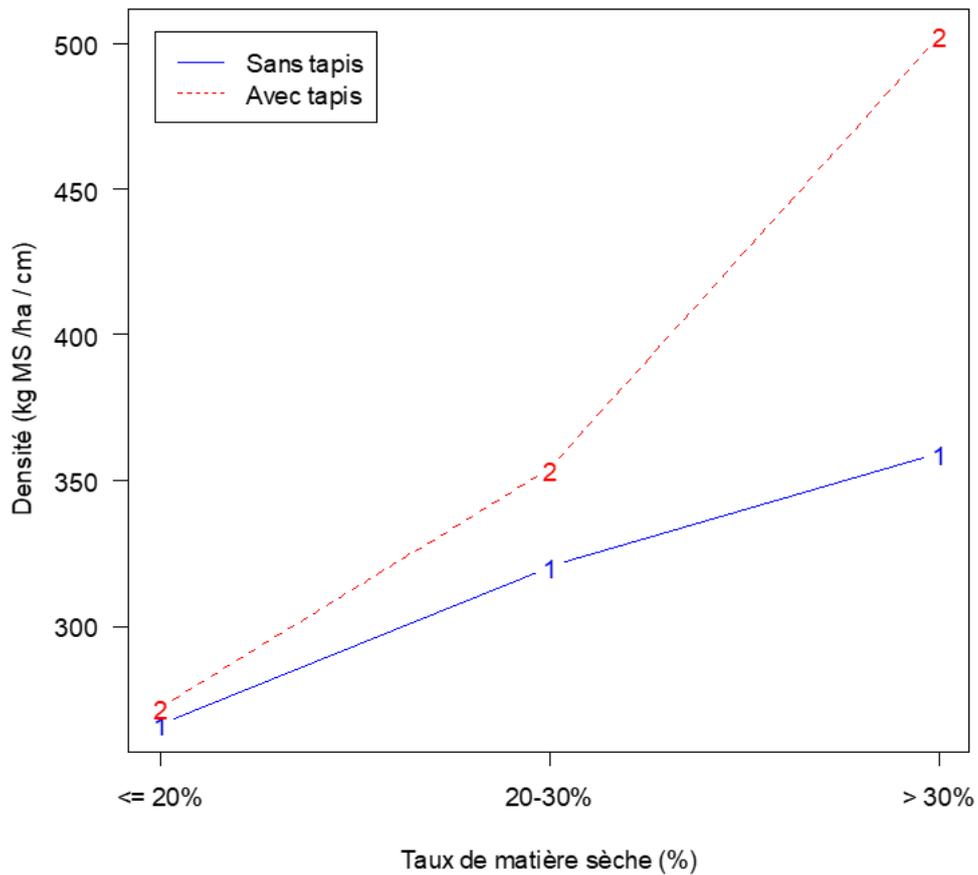
Annexe 8. Interactions entre la proportion de kikuyu et le taux de matière sèche.



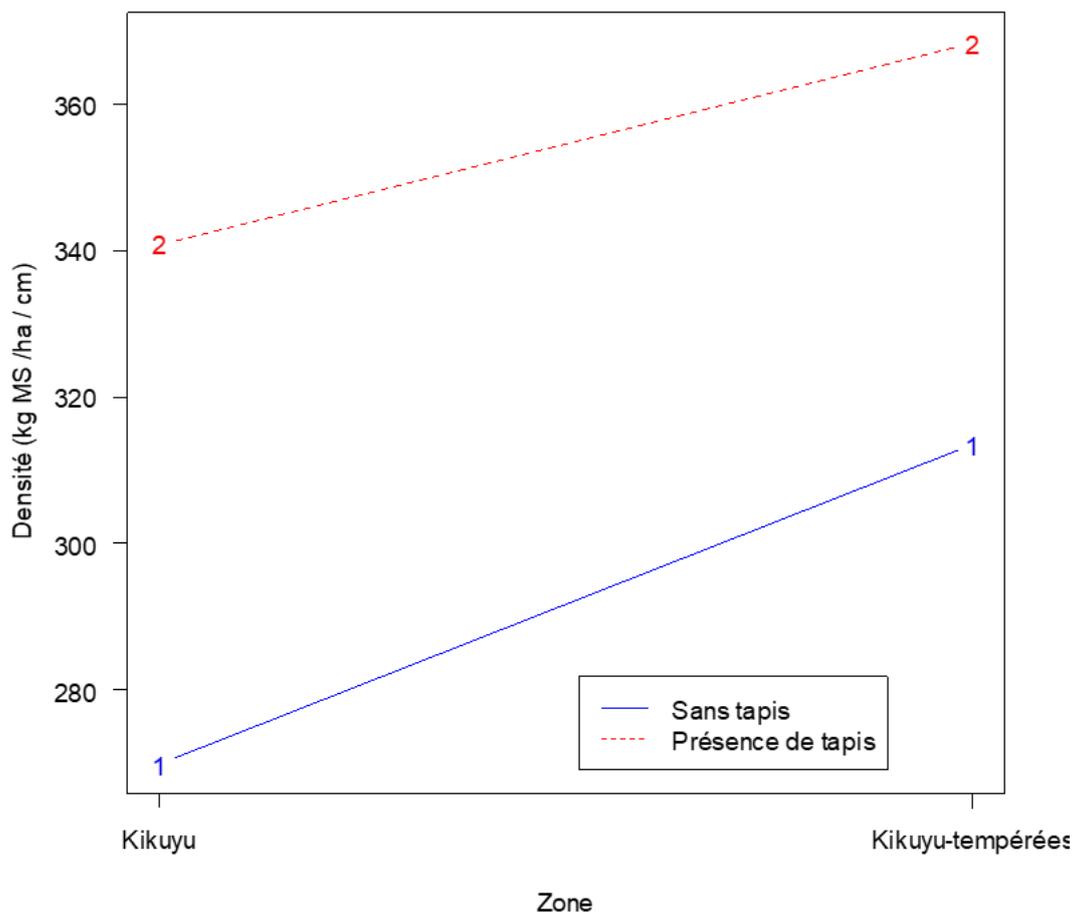
Annexe 9. Interactions entre le taux de matière sèche et la hauteur d'herbe.



Annexe 10. Interactions entre la présence d'un tapis de kikuyu et la hauteur d'herbe.



Annexe 11. Interactions entre la présence d'un tapis de kikuyu et le taux de matière sèche.



*Annexe 12. Interactions entre la présence d'un tapis de kikuyu et la proportion de kikuyu.*

	Tapis		Sans tapis	
	<= 13 cm	> 13 cm	<= 13 cm	> 13 cm
1	409	366	316	279
2	361	317	269	232
3	224	180	278	241
4	186	142	265	229
5	287	243	302	266
6	355	311	291	254
7	408	365	335	298
8	437	393	324	287
9	399	355	305	268
10	458	415	328	291
11	426	382	337	300
12	432	388	351	314

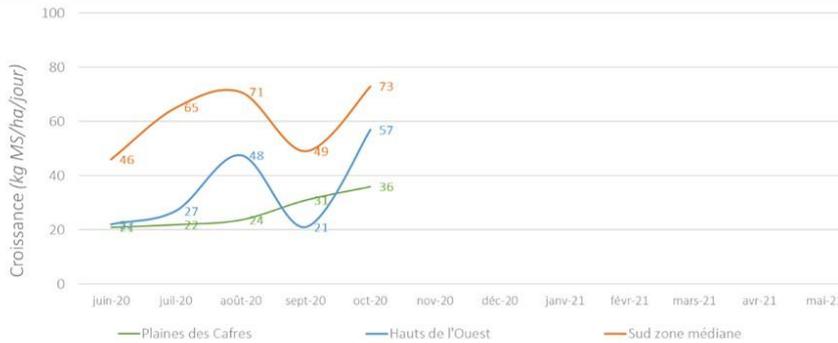
*Annexe 13. Table de densité mensuelle moyenne en fonction du tapis et de la hauteur d'herbe.*



# L'écho des prairies

N° 17 – novembre 2020

## La pousse de l'herbe d'octobre



## LE SUIVI

Il est réalisé toutes les semaines, dans 6 élevages, sur les mêmes lots de pâtures. La hauteur d'herbe moyenne des prairies est mesurée à l'aide d'un herbomètre. Cela permet d'estimer le stock d'herbe disponible le jour de la mesure. Ce suivi hebdomadaire permet le calcul d'une croissance journalière, et d'estimer l'herbe à venir et la surface à offrir au troupeau.



La pousse de l'herbe redémarre dans les trois secteurs suivis. Elle est plus marquée dans le Sud et les Hauts de l'Ouest, et plus lente à la Plaine des Cafres. Cela s'explique par une température moyenne qui a augmentée dans les trois secteurs et une pluviométrie qui a été un peu plus importante que le mois précédent dans les Hauts de l'Ouest.

Secteur	Pluviométrie (mm)	Température (C°)	Bilan Climatique (mm/jour)
Hauts de l'Ouest	35	14 (7-27)	-0,6
Plaine des Cafres	51	13 (5-22)	-1,9
Sud zone médiane	46	17 (9-27)	-1,7



## Les repères de conduite

On entre en période de démarrage de végétation. La température remonte et les premières pluies arrivent. Cela stimule à la fois le sol et sa minéralisation, et la croissance de l'herbe. C'est une période importante, qui va conditionner la bonne exploitation de l'herbe pour les prochains mois.

C'est le moment de **broyer les refus** sur l'ensemble des pâtures, après la sortie des animaux, afin de favoriser une repousse homogène.

**Adaptez la surface** pâturable à la croissance du moment. Le chargement à l'hectare augmente, les surfaces pâturées régressent, et les prairies mécanisables les plus avancées (> 18 cm) sont débrayées pour la fauche.

Vigilance sur les **hauteurs de pâturage** en entrée et en sortie : objectif mi-mollet en entrée et sortie au talon de la botte. On vise des **stocks de qualité** : des UF et de la MAT sur les parcelles.

Il n'est pas nécessaire de réaliser un **apport d'azote** sur les pâtures : la minéralisation du sol et les rejets des animaux sont suffisants. Pour les fauches, un apport d'azote de 40 à 50 kg N/coupe est suffisant pour renforcer le rendement et pour une bonne valorisation de l'engrais. Attention à bien prendre en compte la valeur fertilisante des engrais de ferme (lisier, fumier, compost). Pour le lisier, limitez les apports à 40 m<sup>3</sup>/ha, pour permettre une bonne valorisation de l'azote par la prairie.

## Mieux fertiliser avec la méthode du bilan azoté - épisode 5

Les déjections au pâturage des animaux (*bouses, pissat*) sont une source non négligeable d'azote, de phosphore et potassium. Elles représentent une sacrée économie en engrais si elles sont prises en compte.

A l'échelle d'une saison de pâturage, plus de 50 % de la parcelle a bénéficié de ces apports naturels de fertilisants, malgré la répartition inégale des animaux, avec parfois de fortes concentrations (*zones de couchage, point d'eau*).



Les bouses sont riches en matière organique stable, et apportent du carbone, de l'azote et du phosphore (90 à 95 % de l'excrétion totale). L'urine est riche en azote (*surtout sous forme d'urée rapidement minéralisée*) et en potassium (*voie d'excrétion majeure*). Sa teneur en eau en facilite l'infiltration rapide dans le sol et l'absorption par les plantes.

Une vache va émettre par jour 8 à 15 bouses et uriner 10 à 12 fois. Cela représente 30 à 50 kg de bouses et 30 à 50 litres d'urines par jour et par vache.

### Evaluer les restitutions au pâturage d'un troupeau de bovins :

La quantité d'azote restituée au sol par les pissats et les bouses est directement liée à l'intensité du pâturage (chargement) et au nombre de jours de pâturage. Pour l'évaluer, on utilise le calcul suivant :

$$\text{Restitutions (kg N/ha/an)} = ((\text{Nb jours pâturés} \times \text{Nb animaux}) / \text{surface totale}) / 10.$$

Exemple pour un troupeau de 40 vaches et leur veaux pâturant toute l'année sur 20 ha en pâturage tournant :

$$((365 \times 40) / 20) / 10 = 76 \text{ kg N/ha/an}$$



**A VOS AGENDAS !!!!**



L'ARP organise des **ABC prairie** sur le thème de «ajuster sa fertilisation en Phosphore et Potassium, grâce aux indices de nutrition». Elles se dérouleront de 10 h à 12 h, aux dates et lieux suivants :

**Mardi 17 / 11**, chez EARL DE LA MER (Raoul NATIVEL), allée de la mer - *Pierrefonds*

**Mercredi 18 / 11**, chez Jean Pascal BOYER, chemin Hibon - *Trois Bassins*

**Vendredi 20 / 11**, chez Guito VIDOT, chemin Piton Mahot - *Notre Dame de la Paix*

**Mardi 24 / 11**, à la SEDAEL, *Mont Vert les Hauts*

**Mercredi 25 / 11**, chez Alix TECHER, Piton Bleu - *Plaine des Cafres*

**Judi 26 / 11**, chez l'EARL PICARD, à côté de l'église la Grande Ferme - *Plaine des Cafres*

**Vendredi 27 / 11**, chez Henri ROBERT, chemin des glycines - les Lianes - *St Joseph*

**Mardi 8 / 12**, chez Christine CARCANY, *Plaine des Palmistes*



### VOS CONTACTS :

CONSEIL ET EXPERTISE :

Emmanuel LEGENDRE - 0692 56 92 19

Fabien DUTREUIL - 0692 67 10 18

LABORATOIRE DES FOURRAGES :

Yoann PELLIER - 0692 70 50 93

INNOVATION & TRANSFERT :

Maëva MIRALLES - 0692 57 98 55

Pour rester informé, suivez nous sur le net :

[www.arp.re](http://www.arp.re)



Rédaction : M. MIRALLES-BRUNEAU, Yoann PELLIER, Emmanuel LEGENDRE- Crédits photos : ARP - Contact : maeva.miralles@arp.re



Annexe 14. Echo des prairies du mois de novembre 2020.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aiken, G.-E., Bransby, D.-I.**, 1992. Observer variability for disk meter measurements of forage mass. *Agron. J.* 84.
- Ansquer, P., Duru, M., Theau, J.P., Cruz, P.**, 2009. Convergence in plant traits between species within grassland communities simplifies their monitoring. *Ecol. Indic.* 9, 1020–1029. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.12.002>
- Aouriri, M., Arhan-Hoarau, F., Bouvier-Gaz, S., Brunel, D., Lamballe, Y., Lebreton, C., Lesellier, G., Lofti, A., Perrain, D.**, 2019. La Réunion 2018. Institut d'Emission des Départements D'Outre-Mer (IEDOM).
- ARChE\_Net**, 2020. Qui sommes-nous ? - ARChE-Net. Consulté à l'adresse <https://arce-net.org/index.php/fr/162-le-reseau-arce-net-projet-eclipse>
- Archimède, H., Sauvart, D., Assoumaya, C., Fanchone, A., Boval, M.**, 2009. Fourrages tropicaux : valeur alimentaire comparée aux fourrages tempérés et évaluation au pâturage. 16. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, France. hal-01173419f
- ARP**, 2018. Principales espèces fourragères cultivées ou ayant été testées à la Réunion.
- ARP**, 2020. Association Réunionnaise de Pastoralisme. Consulté à l'adresse <http://arp.re/>
- Augier, P., Létoublon, F., Cambronne, N., Leperlier, C.**, 2017. Taux de couverture du marché par les filières locales en 2019. Agreste, Conférence juillet 2020. Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt.
- Averna, J., Miralles-Bruneau, M., Pellier, Y., Tillard, E.**, 2020. Un observatoire de la pousse de l'herbe à la Réunion pour accompagner les éleveurs dans leur gestion de la ressource fourragère dans un contexte de changement climatique 3.
- Barbet-Massin, V., Grimaud, P., Michon, A., Thomas, P.**, 2011. Guide technique pour la création, la gestion et la valorisation des prairies à la Réunion.
- Battegay, S.**, 2015. Mettre en place, suivre et valoriser un observatoire de la pousse de l'herbe (diaporama). ARVALIS, Institut du végétal. Consulté à l'adresse [https://fr.slideshare.net/idele\\_institut\\_de\\_l\\_elevage/mettre-en-place-suivre-et-valoriser-efficacement-un-observatoire-de-la-pousse-de-lherbe](https://fr.slideshare.net/idele_institut_de_l_elevage/mettre-en-place-suivre-et-valoriser-efficacement-un-observatoire-de-la-pousse-de-lherbe)
- Baumont, R., Aufrere, J., Meschy, F.**, 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation 22.
- Bellon, S., Girard, N., Guérin, G.**, 1999. Caractériser les saisons-pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage 115–132.
- Belot, E., Brulat, K.**, 2017. Collection Méthodes et outils 20.
- Béranger, C., et Micol, D.**, 1981. Utilisation de l'herbe par les bovins au pâturage. Importance du chargement et du mode d'exploitation. *Fourrages*, 85, pp 73-93.
- Blanfort, V., Hassoun, P., Mandret, G., Paillat, J.M., Tillard, E.**, 2000. L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Collection Repères, Cirad/INRA/RégionRéunion/CAH, île de la Réunion, France, 350p
- Choisis, J.P., Grimaud, P., Lassalle, C.**, 2009. Pratiques d'élevage dans les exploitations bovines allaitantes conduites sur pâturage dans les Hauts de la Réunion. *INRAE Prod. Anim.* 22, 4, 345–354. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2009.22.4.3359>
- CIRAD**, 2019. Qui sommes-nous ? Cirad. Consulté à l'adresse <https://www.cirad.fr/qui-sommes-nous>
- Cogranne, T.**, 2018. Création d'un observatoire de la pousse de l'herbe sur l'île de la Réunion. Mémoire de fin d'étude. Purpan Toulouse.
- Cruz, P., Duru, M., Therond, O., Theau, J.P., Ducourtieux, C., Jouany, C., Al Hajkhaled, R., Ansquer, P.** 2002. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. *Fourrages*, 172, 335-354.
- DAAF**, s. d. Présentation générale de l'agriculture à la Réunion. Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt.
- DAAF**, 2016. Filières Animales. Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt. Consulté à l'adresse <http://daaf.reunion.agriculture.gouv.fr/Filieres-Animales.730>

- Defrance, P., Delaby, L., Seuret, J.M.,** 2004. Mieux connaître la densité de l'herbe pour calculer la croissance, la biomasse d'une parcelle et le stock d'herbe disponible d'une exploitation 4.
- Delaby, L.,** 2014. L'élevage bovin à La Réunion. Des ambitions à conforter. INRA.
- Delagarde, R.,** 2020. Mieux valoriser la production des prairies pâturées et réduire le gaspillage, c'est possible ! Fourrages 241.
- Delagarde, R., O'Donovan, M.,** 2005. Les modèles de prévision de l'ingestion journalière d'herbe et de la production laitière des vaches au pâturage. INRAE Prod. Anim. 18, 4, 241–253. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2005.18.4.3530>
- Delorme, Y., Fabre, B., Nocquet, J.,** 1983. Le système fourrager : organe de contrôle dans les exploitations d'élevage. Agriscope 1, 54–63.
- Demarquilly, 1977.** Fertilisation et qualité du fourrage. Journée ADEPRINA, I.N.A, Paris-Grignon. 61-84.
- Dos Santos, A.M.G., Junior, J.C.B.D., Dos Santos, M.V.F., De Andrade Lira, M., De Oliveira Apolinário, V.X., Costa, S.B. de M., De Lima Coelho, D., Peixoto, T.V.F.R., Da Silva Santos, E.R.,** 2020. Animal performance in grass monoculture or silvopastures using tree legumes. Agrofor. Syst. 94, 615–626. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00431-2>
- Duru, M., Cruz, P., Theau, J.P.,** 2008. Un modèle générique de digestibilité des graminées des prairies semées et permanentes pour raisonner les pratiques agricoles 25.
- Duru, M., Fiorelli, J.-L., Osty, P.-L.,** 1988. Proposition pour le choix et la maîtrise du système fourrager 1- Notion de trésorerie fourragère. Fourrages 113, 37–56.
- Duru, M., Jouany, C., Theau, J.-P., Granger, S., Cruz, P.,** 2013a. L'écologie fonctionnelle pour évaluer et prédire l'aptitude des prairies permanentes à rendre des services. Fourrages 213, 21–34.
- Duru, Michel, Jouany, C., Theau, J.P., Granger, S., Cruz, P.,** 2013b. Développer, maintenir et pérenniser le potentiel des prairies permanentes : outils et techniques 15.
- Grimaud, P., Thomas, P.,** 2002. Diversité des rations à base de graminées et gestion des prairies en élevage bovin sur l'île de la Réunion. Fourrages 169, 65–78.
- Huguet, L., et Mansat, P.,** 1997. De la production fourragère ... aux systèmes fourragers. La France agricole n°1652, 41-45.
- Hurtado-Uria, C., Hennessy, D., Shalloo, L., O'Connor, D., Delaby, L.,** 2013. Relationships between meteorological data and grass growth over time in the south of Ireland. Ir. Geogr. 46, 175–201. <https://doi.org/10.1080/00750778.2013.865364>
- Insee,** 2020. Comparateur de territoire. Département de La Réunion (974). Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. Consulté à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1405599?geo=DEP-974>
- Lagabrielle, E.,** 2003. Télé-détection des changements et SIG : application à l'étude de l'évolution des modes d'occupation des sols à La Réunion entre 1989 et 2002. Rapport de stage, AgroParisTech, 49p.
- Leleux, M.,** 2016. Analyse prospective de la production fourragère.
- Lorré, F.,** 2019. La production fourragère à la Réunion.
- Mathieu, A., et Fiorelli, J.L.,** 1985. Utilisation d'un herbomètre pour l'interprétation du déroulement d'un pâturage. Possibilités d'estimation de la production de matière sèche ou de caractérisation de l'état de l'herbe. Fourrages, 101, 3-29.
- Marblé, Y., Aubron, C., Vigne, M.,** 2018. Le développement des Hauts de la Réunion par l'élevage bovin laitier : un modèle à bout de souffle. Géocarrefour 92. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.10865>
- Martin, G., Theau, J.-P., Therond, O., Carre, J., Cruz, P., Jouany, C., Magne, M.-A., Duru, M.,** 2010. Bases et premier exemple d'application d'une démarche articulant diagnostic et simulation de systèmes fourragers pour évaluer et améliorer l'efficacité d'utilisation de l'herbe. Fourrages 201, 47–56.
- McDonald, W.,** 2004. Matching pasture to livestock enterprises, coastal regions 12.
- Mears, P.-T.,** 1970. Kikuyu (*Pennisetum Clandestinum*) as a pasture grass. Trop. Grassl. 4, 139–152.
- Météo France,** 2005
- Météo France,** 2019. Climat à la Réunion. Consulté à l'adresse : <http://www.meteofrance.re/climat/reunion>

- Météo France**, 2020. Carte annuelle du cumul des pluies de l'île de la Réunion. Consulté à l'adresse : <http://www.meteofrance.re/climat/pluies-annuelles>
- Michellon, R., Techer, P.**, 1996. Le kikuyu plante fourragère et de couverture (No. 1–96).
- O'Connor, T.-G.**, 1994. Composition and population responses of an african savanna grassland to rainfall and grazing. *J. Appl. Ecol.* 31, 155–171.
- ODEADOM**. 2018. Quelles conditions pour améliorer la couverture des besoins alimentaires dans les départements d'Outre-mer ? Office de Développement de l'Économie Agricole D'Outre-Mer.
- O'Regain, P.-J., Scanlan, J.C.**, 2013. Sustainable management for rangelands in a variable climate: evidence and insights from northern Australia. *Animal* 7, 68–78. <https://doi.org/10.1017/S175173111100262X>
- Orr, D.-M., O'Regain, P.-J.**, 2011. Managing for rainfall variability impacts of grazing strategies on perennial grass dynamics in a dry tropical savanna. *Rangel. J.* 33, 209–220.
- Peersman, G.**, 2014. Présentation des méthodes de collecte et d'analyse de données dans l'évaluation d'impact. Note méthodologique n°10, 1-19. Centre de recherche Innocenti, Florence.
- Peyraud, J. L.**, 2000. Fertilisation azotée des prairies et nutrition des vaches laitières. Conséquences sur les rejets d'azote. *Productions animales*, 13, 61-72.
- Pons, Y., Capillon, A., Damour, L., Lafon, E.**, 1990. Intensification des prairies des marais de l'ouest. III – Propositions pour l'amélioration de leur conduite. *Fourrages* 122, 119–138.
- Pousset, A.**, 1974. Physionomie actuelle de la production fourragère et de sa fertilisation. *Fourrages* 57,3-42.
- Pousset, A.**, 1978. Evolution récente des productions fourragères en France et de leur intensification. *Fourrages* 73, 3-30.
- Raunet, M.**, 1991. Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion, CIRAD. ed.
- RITA**, 2016. Présentation détaillée. Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole dans les DOM. Consulté à l'adresse <https://coatis.rita-dom.fr/reunion/?PresentationDetaillee>
- Réseau Rural**. 2019. Réseau Mixte Technologique (RMT) « Prairies Demain ». Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Ruegsegger, H., et Emmenegger, J.**, 2012. Composants des parois cellulaires. *UFA*, 1-2.
- Salette, J., Laissus, R., Lemaire, G.**, 1982. Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. II-La dynamique d'absorption de l'azote et son efficacité. *Fourrages* 92, 51–109.
- Salette, J., Lemaire, G.**, 1982. Approche des relations croissance, climat, azote : cas de la croissance des peuplements de graminées fourragères en fin d'hiver, Département d'Agronomie. INRA, Séminaire de Vichy.
- Sellam, M., et Saint-Louboue, D.**, 2016. RMT Prairies Demain, p.1-25.
- Soltner, D.**, 1992. Les bases de la production végétale, 19th ed, Collection Sciences et techniques agricoles. D.Soltner.
- Truong, B., Bertrand, R., Burdin, S. et Pichot, J.**, 1974. Contribution à l'étude du phosphore dans les sols dérivés de roches volcaniques de l'île de la Réunion. *L'Agronomie Tropicale*, 29, 663-674
- Van Duren, I.-C., Pegtel, D.-M.**, 2000. Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results. *Plant Soil* 220, 35–47.
- Véricel, G., Deschamps, T., Degan, F., Le Souder, C., Soenen, B.**, 2020. Fertilisation, un levier pour assurer l'autonomie des systèmes d'élevage. *Fourrages* 241, 11–19.