

## Evaluation de la variation de la croissance, de la densité et de la valeur alimentaire des fourrages dans le cadre d'un observatoire de la pousse de l'herbe à la Réunion

Clémence SOËTENS



Mémoire de fin d'étude  
157<sup>ème</sup> promotion

Maître de stage : Julia VUATTOUX  
Maëva MIRALLES-BRUNEAU

Tuteur : José RODRIGUEZ

Année  
2017 - 2018

## Résumé

L'observatoire de la pousse de l'herbe a été installé à la Réunion en fin d'année 2017, grâce au projet ECLIPSE, supporté par l'ARP et le CIRAD. Ce projet a pour objectif d'adapter les systèmes d'élevages aux contraintes socio-économiques et environnementales. Sa mise en place à la Réunion intervient également dans un besoin d'optimisation de l'élevage ruminant, d'autonomie alimentaire des troupeaux et de sécurisation de l'approvisionnement en fourrages. Deux objectifs sont attendus : l'obtention de connaissances sur la flore présente dans les prairies pour permettre de développer l'élevage ruminant et la valorisation des données et résultats obtenus. L'installation de cet observatoire a été réalisée au cours d'un premier stage de 6 mois et son développement correspond au sujet d'un second stage au cours duquel un panel de 8 fermes a été suivi pour permettre de commencer à répondre à ces objectifs. Le suivi s'est effectué sur trois zones géographiques différentes (les Hauts de l'Ouest, la Plaine des Cafres, les Hauts de Saint Joseph et du Tampon), sur deux types de couvert végétal différents : Kikuyu et Mixte (mélange d'espèces tropicales et tempérées) et sur différentes saisons. Des indicateurs qui étudient la dynamique de pousse de l'herbe ont été utilisés pour comprendre et analyser la pousse de l'herbe à la Réunion. Ces derniers ont été préalablement choisis parmi l'ensemble des indicateurs utilisés dans les observatoires métropolitains et européens. Lorsque cela a été possible, les résultats des analyses ont été comparés aux données existantes dans la littérature. Concernant la valorisation des résultats obtenus et du dispositif, les attentes des différents acteurs concernés par cet observatoire ont été prises en compte. Elles ont ensuite été corrélés aux différentes valorisations réalisées dans les observatoires métropolitains. La finalité de ce projet est l'adaptation d'un système fiable existant en métropole et en Europe : l'observatoire, aux besoins et particularités climatiques et géomorphologique de l'île de la Réunion.

**Mots clés : île de la Réunion, observatoire, pâturage, élevage ruminant, Kikuyu.**

At the end 2017, a rotational grazing system has been established at La Réunion, thanks to ECLIPSE Project, the ARP and the CIRAD. ECLIPSE Project aim to adapt ruminant breeding system to social, economic and environmental problems. It has also been established due to a need to optimize ruminant breeding, cattle feed autonomy and the security of fodder supply at La Réunion. The main purpose of this is to maximize knowledge and data on pasture grass to develop ruminant breeding. It has been established during a 6 months internship and has been developed during a second internship. To develop it, 8 farms have been followed, on three different areas (les Hauts de l'Ouest, la Plaine des Cafres and les Hauts de Saint Joseph & du Tampon), on two different grass species : Kikuyu and Mixt (a mixt of tropical and temperate species), and on different seasons. Tools have been used to collect, collate and analyse data. They 've been chosen from a list of tools used in grazing system in France and Europe. The analysed results have been compared to similar results in scientific literature. All the actors around this grazing system have been questioned to understand their needs and to be able to find the best way to gave them the analyse results and to gave them advices. At the end, this project aims to adapt, a reliable grazing system in France and in Europe, to geomorphological and climatic peculiarities of La Réunion.

**Key words : island of La Réunion, rotational grazing system, grazing, ruminant breeding, Kikuyu.**

## Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Julia VUATTOUX et Maëva MIRALLES-BRUNEAU mes deux encadrantes de stage, pour leur accueil au sein du CIRAD et de l'ARP, pour leur disponibilité, ainsi que pour leur encadrement pendant les 6 mois de stage.

Je tiens à remercier Emanuel TILLARD, coordinateur responsable du projet ECLIPSE, responsable du Services et impacts des activités agricoles en milieu tropical (Siaam), chercheur au CIRAD, pour son aide et son expertise sur le projet et les résultats obtenus.

Je tiens à remercier José RODRIGUEZ, tuteur de mémoire pour son suivi tout au long du stage.

Je tiens également à remercier Emmanuel LEGENDRE pour son accueil au sein de l'ARP et de son équipe. De même, je remercie Fabien DUTREUIL conseiller à l'ARP et Yoann PELLIER technicien d'expérimentation à l'ARP, 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 et de leur passion du métier et de l'île.

Un grand merci aux éleveurs de l'observatoire de la pousse de l'herbe sans qui ce projet et ce stage ne pourrait pas avoir eu lieu. Un grand merci pour avoir ouvert leurs portes et collaboré ; ainsi que pour leur confiance et leur transmission de connaissances.

## Table des matières

Résumé .....	2
Remerciements .....	3
Table des illustrations : figures.....	7
Table des illustrations : tableaux.....	9
Liste des abréviations.....	10
Glossaire.....	11
Introduction .....	12
1. L'île de la Réunion et l'agriculture .....	13
1.1 L'île de la Réunion .....	13
1.1.1 Les conditions morphologiques et pédologiques de l'île .....	13
1.1.2 Les particularités climatiques de l'île.....	14
1.2 L'agriculture à la Réunion .....	15
1.2.1 Historique.....	15
1.2.2 L'agriculture aujourd'hui .....	16
2. Les exploitations bovines réunionnaises .....	17
2.1 Typologie des exploitations laitières .....	17
2.2 Typologie des exploitations allaitantes.....	19
3. Les Prairies réunionnaises .....	21
3.1 Les différences entre les plantes tropicales et les plantes tempérées .....	22
3.2 Les principales plantes tropicales .....	22
Kikuyu.....	22
Chloris .....	23
Sétaria .....	23
Brachiaria .....	23
3.3 Les plantes tempérées.....	24
4. L'observatoire de pousse de l'herbe de la Réunion.....	25
4.1 Les objectifs et le fonctionnement de l'observatoire réunionnais .....	25
Les objectifs.....	25
Le fonctionnement.....	25
Les indicateurs.....	25
4.2 Les partenaires porteurs du projet de l'observatoire : l'ARP et le CIRAD .....	26
4.3 Du projet ECLIPSE à l'observatoire de la pousse de l'herbe réunionnais.....	27
5. Problématique.....	28
6. Méthodologie .....	29
6.1 Description du protocole de l'observatoire Réunionnais .....	29

6.2	Le choix des fermes et des parcelles à la Réunion : l'échantillon .....	29
6.3	Le mode opératoire de récolte des données .....	32
	La récolte des données .....	32
	Matériel .....	32
	Mesure de hauteur d'herbe .....	33
	Mesure de biomasse .....	33
	Laboratoire .....	34
6.4	Le mode opératoire d'analyse de données .....	34
	Base de données : fichier Excel .....	34
	Du fichier Excel aux résultats .....	35
7.	Résultats : les livrables techniques .....	36
7.1	Liste des indicateurs à utiliser dans l'observatoire .....	36
	Calculs des quatre indicateurs exprimables à court terme .....	37
7.2	Trame des premiers bulletins de l'observatoire .....	38
7.3	Optimisation de la base de données de saisie .....	39
	La base de données de saisie Excel .....	39
	De la base Excel à la base Access .....	39
8.	Analyse des premiers résultats .....	42
8.1	Densités .....	42
	Exploration graphique des trois fermes .....	43
	8.1.1 Les trois fermes : interaction espèce – saison .....	44
	Espèce – mois .....	44
	Espèce – saison .....	45
	8.1.2 Les 8 fermes .....	47
8.2	Croissance .....	47
	Exploration graphique des trois fermes .....	48
	8.2.1 Les trois fermes : interaction espèce – saison .....	49
	Espèce – mois .....	49
	Espèce – saisons .....	51
	8.2.2 Les 8 fermes .....	52
9.	Discussion .....	54
9.1	La méthode .....	54
	Le panel des fermes de l'observatoire .....	54
	Les fermes de l'observatoire .....	54
	Le protocole .....	54
	Le matériel : l'herbomètre .....	55

9.2	Les résultats d'analyse.....	55
	Densité .....	55
	Croissance .....	56
9.3	Les livrables techniques.....	55
Conclusion.....		58
Références bibliographiques .....		59
Annexe .....		62
	A - Les aides : élevages bovins laitiers .....	62
	B - Les aides : élevages bovins allaitants .....	63
	C - Le projet ECLIPSE.....	64
	D - Indicateurs utilisés dans les observatoires de la pousse de l'herbe .....	65
	E - Les parcelles des éleveurs des Hauts de l'OUEST .....	66
	F - Les parcelles des éleveurs de la Plaine des Cafres.....	67
	G - Les parcelles des éleveurs des Hauts de Saint Joseph et du Tampon .....	68
	H - Bulletin de l'observatoire.....	69
	I - Analyse générale du jeu de données : densité .....	70
	J – Diagnostic du modèle : densité (espèce – mois) .....	71
	K – Diagnostic du modèle : densité (espèce – saison) .....	72
	L – Diagnostic du modèle : densité (sur les 8 fermes) .....	73
	M – Analyse générale du jeu de donnée : croissance.....	74
	N – Diagnostic du modèle : croissance (espèce – mois) .....	75
	O – Diagnostic du modèle : croissance (espèce – saison).....	76
	P – Diagnostic du modèle : croissance ( sur les 8 fermes) .....	77
	Q – Températures et pluviométrie à la Réunion .....	78
	R – Kikuyu en Nouvelle Zélande .....	79

## Table des illustrations : figures

Figure 1 Schéma géomorphologique de l'île de la Réunion (SELLIER, 2016) .....	13
Figure 2 Carte des précipitations annuelles de l'île de la Réunion (METEO France, 2016) .....	14
Figure 3 Carte des températures annuelles de l'île de la Réunion (METEO FRANCE, 2016) .....	15
Figure 4 Carte représentant l'occupation des sols de la Réunion (BOS, 2011) .....	16
Figure 5 Graphique représentant la typologie des élevages laitiers réunionnais (ODEADOM, 2016) ..	17
Figure 6 Schéma de répartition des espèces végétales en fonction du gradient altitudinal (BRL INGENERIE, 2016).....	21
Figure 7 Rendements des principales plantes tropicales par régions (RAPPORT FOURRAGES, 2017) ..	21
Figure 8 Kikuyu, Chloris et Sétaria (GRIMAUD et al., 2005).....	22
Figure 9 Dactyle, Ray-grass, Fétuque, Brome et Trèfle (GRIMAUD et al., 2005).....	24
Figure 10 Zones géographiques de répartition des fermes de l'observatoire, (COGRANNE, 2017).....	30
Figure 11 Exemple d'un carnet de suivi terrain (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	32
Figure 12 Herbomètre et quadra de 65cm de diamètre (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	33
Figure 13 Distribution de la densité (gauche) et de la croissance (droite) avant et après transformation logarithmique (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	35
Figure 14 Evolution de la productivité des prairies à la Plaine des Cafres en fonction des saisons (BARBET-MASSIN et al., 2005).....	35
Figure 15 Trame des bulletins de l'observatoire (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	39
Figure 16 Tables et relation entre les tables Access (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	40
Figure 17 Exemple d'interface plus avenante et présentation de l'interface du Menu (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	40
Figure 18 Présentation de l'interface Croissance par parcelle Access (SOURCE PERSONNELLE, 2018)	41
Figure 19 Graphiques représentant l'évolution de la densité par mois dans les exploitations (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	42
Figure 20 L'évolution de la densité par exploitation en fonction des mois (SOURCES PERSONNELLE, 2018) .....	43
Figure 21 Evolution de la densité pour les parcelles des exploitation (SOURCE PERSONNELLE, 2018)	43
Figure 22 Graphique représentant la relation entre l'espèce floristique et la saison (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	44
Figure 23 Exploration graphique de la densité par saison et par flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018)	46
Figure 24 Graphique représentant l'évolution de la croissance dans les exploitations (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	48
Figure 25 Graphique de l'évolution de la croissance sur les 3 fermes (SOURCES PERSONNELLE, 2018) .....	48
Figure 26 Graphique d'évolution de la croissance par parcelle d'exploitations (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	49
Figure 27 Graphique d'évolution de la croissance par mois et par flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	50
Figure 28 Graphique de l'évolution de la croissance en fonction de la saison et de la flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	51
Figure 30 Prime à l'abattage issue de l'aide POSEI, (ODEADOM, 2016) .....	62
Figure 31 Complément Réunion pour les gros bovins, issue de l'aide POSEI (ODEADOM, 2016) .....	62
Figure 32 Montant payé en fonction de la zone et du chargement issue de l'aide POSEI (ODEADOM, 2016) .....	62
Figure 33 Mesures Agro-Environnementales issues de l'aide POSEI (ODEADOM, 2016) .....	62

Figure 34 La prime d'ICHN dans les zones de montagne Réunion (ODEADOM, 2012) .....	63
Figure 35 Répartition des 31 partenaires du projet ECLIPSE (ARCHE NET, 2018) .....	64
Figure 36 Actions du projet ECLIPSE (CIRAD, 2018) .....	64
Figure 37 Le parcellaire de Mr PAYET avec en bleu les zones de mesure du suivi (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	66
Figure 38 Parcellaire de N.Permalnaïken, en bleu les zones de mesures (ARP, 2018) .....	66
Figure 39 Le parcellaire de Mr HOARAU avec en bleu les zones de mesure de suivi (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	66
Figure 40 Le parcellaire de Mr Picard (ARP,2018) .....	67
Figure 41 Le parcellaire de Mr TECHER (SOURCE PERSONNELLE, 2018)) .....	67
Figure 42 Le parcellaire de Mr RENNESVILLE (ARP, 2018) .....	67
Figure 43 Le parcellaire de Mr CORRET (ARP,2018) .....	68
Figure 44 Le parcellaire de Mr Bernard (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	68
Figure 45 Trame décisionnelle des bulletins de l'observatoire réunionnais (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	69
Figure 46 Présentation des trames des 4 premiers bulletins de l'observatoire (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	69
Figure 47 Présentation de l'évolution de la densité dans chaque parcelle de chaque exploitation (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	70
Figure 48 Diagnostic du modèle d'analyse (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	71
Figure 49 Effet parcelle (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	71
Figure 50 Diagnostic du modèle d'analyse 2 (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	72
Figure 51 Effet parcelle modèle 2 (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	72
Figure 52 Diagnostic du modèle 3 (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	73
Figure 53 Effet parcelle modèle 3 (SOURCE PERSONNELLES, 2018).....	73
Figure 54 Présentation de l'évolution de la croissance par parcelle d'exploitation (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	74
Figure 55 Diagnostic du modèle 4 (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	75
Figure 56 Effet parcelle modèle 4 (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	75
Figure 57 Diagnostic du modèle 5 (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	76
Figure 58 Effet parcelle modèle 5 (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	76
Figure 59 Diagnostic modèle 6 (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	77
Figure 60 Effet parcelle modèle 6 (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	77
Figure 61 Températures et pluviométrie Plaine des Cafres (METEO FRANCE, 2016) .....	78
Figure 62 Température et pluviométrie des Hauts de l'Ouest (METEO FRANCE, 2016) .....	78
Figure 63 Températures et pluviométrie Haut du Tampon (METEO FRANCE, 2016) .....	78
Figure 64 Croissance du Kikuyu et du Ray-grass par mois en Nouvelle Zélande (MAF, s.d) .....	79



## Table des illustrations : tableaux

Tableau 1 Typologie des élevages laitiers réunionnais (ODEADOM,2016) .....	18
Tableau 2 Indicateurs économiques des élevages laitiers réunionnais (ODEADOM, 2016) .....	18
Tableau 3 Structure des exploitations bovin viande selon la typologie (ODEADOM, 2017) .....	19
Tableau 4 Structure des exploitations bovin viande selon la typologie (ODEADOM, 2012) .....	19
Tableau 5 Indicateurs économiques pour les élevages allaitants réunionnais (ODEADOM, 2016) .....	20
Tableau 6 Codification des élevages (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	30
Tableau 7 Présentation des élevages de l'observatoire (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	31
Tableau 8 Répartition des différents indicateurs en fonction des niveaux de tri (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	36
Tableau 9 Capacité de consommation en fonction de la flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	38
Tableau 10 Recodification des mois (SOURCES PERSONNELLE, 2018) .....	42
Tableau 11 Graphique des résultats obtenus grâce que modèle de régression (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	45
Tableau 12 Valeur de prédiction de la densité en kg de MS/ha/cm en fonction de la flore et des mois (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	45
Tableau 13 Résultats de l'analyse 2 densité (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	46
Tableau 14 Valeurs de prédictions de la densité par flore et par saison (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	46
Tableau 15 Résultat de l'analyse densité par le modèle linéaire 3 (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	47
Tableau 16 Résultat du modèle 4 (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	51
Tableau 17 Valeur de prédiction de la densité en fonction de la flore et des mois (SOURCE PERSONNELLE, 2018).....	51
<i>Tableau 18 Résultats de l'analyse 5 croissance (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....</i>	<i>52</i>
Tableau 19 Valeur de prédiction du modèle 5 croissance (SOURCE PERSONNELLE, 2018) .....	52
Tableau 20 Résultat de l'analyse croissance par le modèle linéaire 6 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)	53
Tableau 21 Les indicateurs utilisés dans les observatoires de la pousse de l'herbe et leurs répartitions en fonction des régions (COGRANNE, 2018) .....	65

## Liste des abréviations

**Ca** : calcium

**Ext** : extensif

**GT** : gros troupeau

**ICHN** : Indemnité Compensatoire de Handicaps Naturels

**In** : intensif

**Irat** : Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières

**K** : potassium

**MAT** : matière azotée totale

**MS** : matière sèche

**MT** : moyen troupeau

**N** : azote

**NDF** : neutral detergent fiber ou fibre de détergent neutre

**P** : potassium

**PAH** : plan d'aménagement des hauts

**PRÉRAD** : Plateforme Régionale en Recherche Agronomique pour le Développement dans l'océan Indien

**PT** : petit troupeau

**SAU** : surface agricole utile

**Scocr** : Société coopérative d'élevage et de culture de la Réunion

**SEDAEL** : Société d'études, de développement et d'amélioration de l'élevage

**Sicalait** : Société coopérative des producteurs de lait

**SPIR** : Spectrométrie Proche Infrarouge

**Suader** : Service d'utilité agricole et de développement de l'élevage réunionnais

## Glossaire

**ARP** : Association Réunionnaise de Pastoralisme est un organisme de conseil en élevage et de développement agricole. L'accompagnement concerne les élevages bovins, ovins, caprins et équins et la gestion des systèmes fourragers.

**CIRAD** : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

**RITA** : Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole, est un réseau qui regroupe des partenaires de différentes nationalités dans le but de développer l'agriculture dans l'océan indien.

## Introduction

L'île de la Réunion anciennement nommée l'île Bourbon est une petite île de l'Océan Indien qui appartient à l'Archipel des Mascareignes. Autrefois inhabitée, elle fût longtemps connue pour son rôle dans le commerce des Indes, se situant sur la route des Indes et abritant la Compagnie française pour le commerce des Indes orientales. A cette époque, l'agriculture est peu développée et son développement s'accompagne surtout de l'installation de plantation de canne à sucre, etc. L'élevage n'arrive sur l'île que bien plus tard avec les premiers buffles. Il commence son développement dans les années 1970 et cela coïncide avec l'augmentation démographique importante rencontrée dans l'île dans les années 50 : 70% de population en plus sur 20 ans (MANDRET, 2000).

L'île réunionnaise possède aujourd'hui une superficie de 2 512km<sup>2</sup> et une population de 843 617 habitants ce qui représente environ 339 habitants au kilomètre carré. Cette importante démographie fait qu'aujourd'hui encore l'île est loin d'être autonome au niveau alimentaire (MANDRET, 2000). Le contexte socio-économique et environnemental actuel, fait que cette problématique présente un enjeu important pour l'île. Une des solutions pour pallier à ce manque d'autonomie consiste à optimiser l'élevage de l'île, pour optimiser les produits finis, dans le respect de l'environnement, des animaux et pour faire face à la volatilité des prix de matières premières.

Le projet ECLIPSE intervient dans ce but-là. Il a pour objectif d'optimiser l'élevage et notamment l'élevage ruminant. Cela s'accompagne d'une amélioration de l'autonomie alimentaire des troupeaux et d'une sécurisation de l'approvisionnement en fourrage. Le projet a débuté sur l'île en 2017 avec l'installation d'un système de caractérisation des ressources fourragères disponibles : un observatoire de la pousse de l'herbe. En effet, de nombreuses références n'existent pas à la Réunion en ce qui concerne les prairies sur lesquelles pâturent les ruminants. L'étude qui suit s'inscrit dans le projet et dans la continuité de cette action (ARCHE\_NET, 2018).

# 1. L'île de la Réunion et l'agriculture

## 1.1 L'île de la Réunion

L'île de la Réunion est un département d'Outre-Mer français se situant dans l'océan indien à 800 km à l'Est de Madagascar et appartenant à l'Archipel des Mascareignes. Cet archipel est constitué de l'île de la Réunion, l'île Maurice et de Rodrigue. Il a été formé par un point chaud et ce dernier alimente encore l'activité volcanique de l'île sur un de ses deux volcans : le Piton de la Fournaise (RAUNNET, 1991).

### 1.1.1 Les conditions morphologiques et pédologiques de l'île

La Réunion est une île d'origine volcanique, constituée de deux volcans boucliers imbriqués : le piton des Neiges (3069 mètres d'altitude) et le Piton de la Fournaise (2632 mètres d'altitude) (Figure 1). L'appellation boucliers imbriqués est due aux pentes des volcans qui sont inclinées régulièrement d'une dizaine de degré vers l'océan ainsi qu'à l'édification du Piton de la Fournaise sur les pentes Sud-Est du piton des Neiges. L'érosion est très active au niveau du piton des Neiges et cela a créé par le passé trois larges excavations d'effondrements : les cirques de Salazie, Cilaos et Mafate (Figure 1). Un effondrement entre les deux volcans a également créé deux plaines d'altitude : la Plaine des Cafres et la Plaine de palmiste (Figure 1). La formation géologique de cette île lui confère une topographie et une pédologie particulières qui va influencer la place des secteurs d'activité sur l'île (MANDRET, 2000).



Figure 1 Schéma géomorphologique de l'île de la Réunion (SELLIER, 2016)

La nature des sols de l'île varie. Elle compte environ 80% de sa surface en andosol. Les andosols sont des sols riches en phosphore total mais pauvres en phosphore assimilables. Cette différence de phosphore est due à une forte rétention, essentiellement causé par l'alumine amorphe (AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (MANDRET, 2000). La rétention induit une formation incomplète des matériaux argileux et des produits d'altération tel que les gels alumino-silicatés. L'agencement des différents éléments en microagrégats, les fait passer d'un état très hydratante (40 à 200% en eau), à un état sec très léger, ce qui les fragilise face à une dessiccation potentiellement irréversible (MANDRET, 2000). Dans cette situation, l'exploitation de ces sols en culture entraîne une modification rapide des couches superficielles et augmente leur sensibilité à l'érosion. D'autres conséquences négatives à la mise en culture de ces sols existent notamment au niveau de la fertilité, de l'épaisseur cultivable et de la menace des infrastructures.

Les conditions morphopédologiques de l'île rendent contraignante la mise en valeur du territoire par l'agriculture. De ce fait, les régions d'élevage se situent dans les zones délaissées par les autres activités agricoles, notamment au niveau des plaines d'altitude et dans le haut de l'Ouest, des zones qui sont également plus propices à la croissance fourragère (MANDRET, 2000).

### 1.1.2 Les particularités climatiques de l'île

L'île de la Réunion possède un climat contrasté qui est fortement influencé par son relief. Elle possède deux saisons, l'hiver austral et l'été austral. L'hiver austral, (de mai à septembre) est communément appelée saison fraîche. Ce nom vient d'un anticyclone présent en Océan Indien qui va entraîner de frais alizés avec des vents d'Est dominants sur l'île. L'été Austral, (de décembre à avril) est connu comme étant la saison des pluies. Ces pluies sont causées par de basses pressions équatoriales à air chaud et humide qui se rapprochent de l'île et rencontre le flux des alizés. Il en résulte alors de fortes précipitations et des vents violents ; cela peut évoluer en cyclone (MANDRET, 2000).

Une dissymétrie est observable sur l'île. En effet, la côte Est est exposée aux alizés et est très humide alors que la côte Ouest, plus protégée par le relief, connaît une saison sèche assez marquée. Cela est nuancé par le gradient altitudinal qui entraîne une baisse de la température et une augmentation de la pluviométrie et de l'humidité en altitude (MANDRET, 2000) (voir Figure 2).

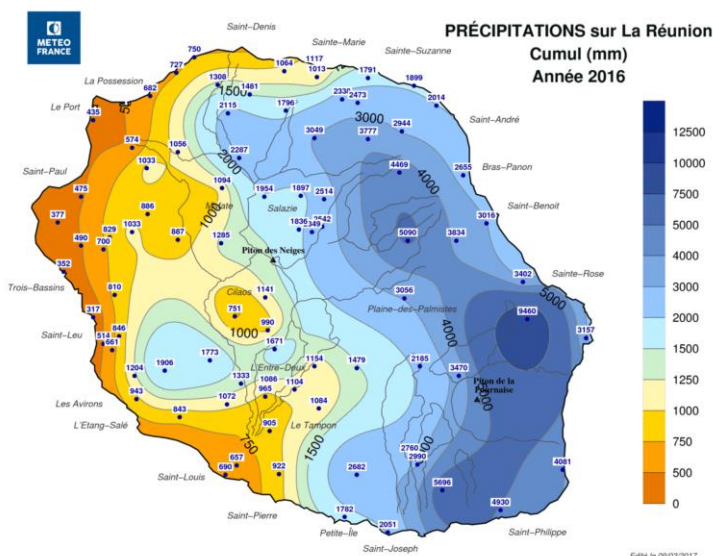
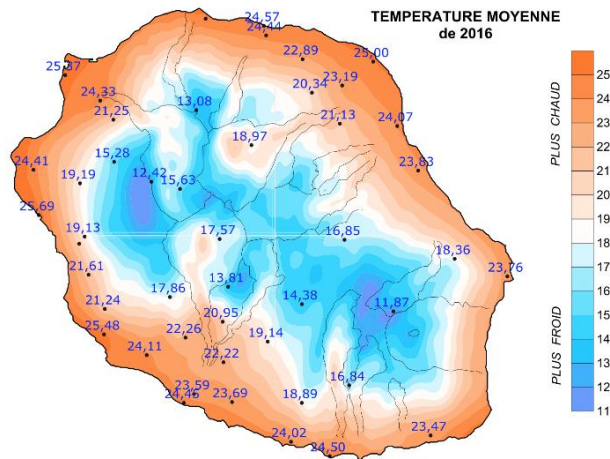


Figure 2 Carte des précipitations annuelles de l'île de la Réunion (METEO France, 2016)

La pluviométrie est donc inégalement répartie sur le territoire. La côte exposée aux vents humides, essentiellement la plaine des Palmistes, va bénéficier de précipitations tout au long de l'année, avec une moyenne annuelle de 4000 à 6000 millimètres. La plaine des Cafres par son exposition à la limite de façade au vent, est caractérisé par une saison pluvieuse régulière, rarement inférieure à 2000 millimètres et dont la moyenne annuelle se situe entre 2000 à 4000 millimètres. Lors de la saison fraîche la pluviométrie est inférieure mais ne descend pas en dessous de 50 millimètres par mois. Les zones littorales Ouest enregistrent donc jusqu'à 8 mois secs ; alors que les Haut de l'Ouest et zones d'altitude n'enregistrent que 2 à 3 mois, de juillet à octobre.

Les caractéristiques multiples de cette île font qu'elle possède une zone tropicale sur le littoral avec des températures moyennes annuelles relativement élevées (23 - 26°C) et 8 mois sec. Et elle possède une zone tempérée, qui est de plus en plus marquée avec l'altitude, avec des températures moyennes (12 - 17°C) entre 1000 à 2000m (MANDRET, 2000)(voir Figure 3 ).



Température moyenne annuelle de 2016 (en °C)

Figure 3 Carte des températures annuelles de l'île de la Réunion (METEO FRANCE, 2016)

## 1.2 L'agriculture à la Réunion

### 1.2.1 Historique

L'île de la Réunion, située sur la route des Indes, était une escale maritime au 17<sup>ème</sup> siècle. Sa population ne s'est développée qu'au 18<sup>ème</sup> siècle et était principalement composée d'esclaves. L'arrivée d'esclaves avait pour but de développer la culture de la canne à sucre dans les bas de l'île. L'élevage ne restait alors que très minoritaire et présentait encore peu d'intérêt. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, l'importation des premiers animaux lourds sur l'île se fait, et les premiers élevages de reproducteurs se développent avec des reproducteurs européens. Malgré cela, les importations alimentaires de l'île sont toujours conséquentes et cette dernière en dépend encore entièrement. La première guerre mondiale va créer une interruption de ses importations et par voie de conséquences induire un développement de l'élevage pour pallier aux problèmes alimentaires (MANDRET, 2000).

En 1934, la Scecr est créé. Elle avait pour but de développer la filière laitière réunionnaise en introduisant des animaux européens comme la Brune des Alpes dans les élevages ; cela ne sera pas concluant (MANDRET, 2000). La départementalisation en 1946, permet à l'île de recevoir d'importantes sommes d'argent, financées au nom de la solidarité nationale. L'économie est alors déterminée par les transferts venant de métropole et cela crée une dynamique qui permet le développement de l'île et de sa population qui augmente de 70% en 20 ans. La professionnalisation et la mécanisation dans les années 60 en font partie. Elles conduisent à une baisse d'effectif des bovidés (suppression des animaux de traits) ainsi qu'à la création en 1962 de la Sicalait, l'Irat et en 1968 du Suader. L'élevage reste néanmoins en retard, derrière la canne à sucre et le géranium (MANDRET, 2000).

La crise du géranium en 1970, va permettre à l'élevage de se faire une place. En effet, le géranium poussait essentiellement dans les hauteurs et la canne à sucre dans les bas. La canne n'était pas implantable dans les hauts, l'élevage y pris donc la place. Cette répartition est encore observable aujourd'hui (voir Figure 4).

En 1972, la tension du marché mondial de la viande va prioriser l'élevage allaitant et la Sedael est créé. Les exploitations restent néanmoins de faible taille. En 1973, 86% des éleveurs ont moins de 5 bêtes (MANDRET, 2000) ; contre une quinzaine de bêtes en moyenne en France métropolitaine (AGRESTE, 2011). Le développement de l'élevage dans son entièreté n'est réalisé qu'à partir de 1975 notamment



grâce aux PAH, dont les axes principaux étaient le renouveau agricole (dans un objectif de substitution à l'import), la formation, l'animation rurale et le tourisme tourné vers l'accueil chez l'habitant (BENOIT *et al.*, 2005)

### 1.2.2 L'agriculture aujourd'hui

L'agriculture, historiquement, a placé l'élevage bovin dans les hauts de l'île. Elle représente 42 813ha soit un peu moins de 20% de la surface de l'île. Les surfaces agricoles diminuent depuis 2000 d'une valeur de 88ha par an. Il y a une réorganisation des exploitations. Les plus petites ayant moins de 25 000 € de chiffre d'affaires disparaissent au profit de plus grandes exploitations : les exploitations de taille moyenne et grandes représentent 50% des effectifs et 85% de la production brute.

La canne à sucre représente 57% de la SAU. Elle connaît également une diminution par 3 de ses exploitations en 30 ans avec une baisse de 20% de sa surface. Cette culture est essentiellement exportatrice et n'apporte aucune amélioration de la sécurité alimentaire de l'île.

Les fruits et légumes fournissent quant à eux 70% du marché frais et contribuent fortement à la diminution des importations. Cependant, seulement 5% des produits transformés sont issus de la fabrication sur l'île.

L'élevage est lui restructuré. Il réunit l'ensemble des services de la filière et cela va créer une occupation du sol par les différentes activités de l'île visible sur la carte ci-dessous (voir Figure 4). L'élevage étant représenté en vert clair et la canne à sucre en vert foncé.

Les surfaces fourragères utilisées pour le pâturage et la fauche représentent 10 750 ha sur les 42 813ha de surfaces agricoles réunionnaises ; soit 25% de la surface agricole (BRL INGENIERIE, 2016).

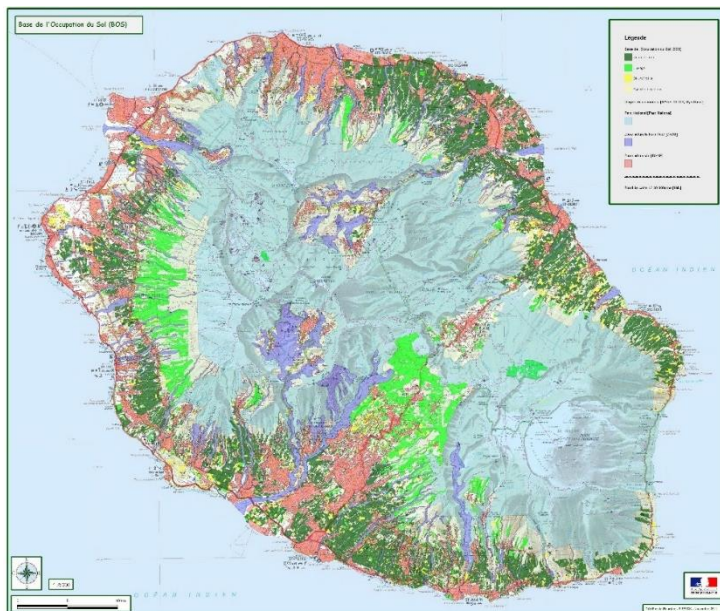


Figure 4 Carte représentant l'occupation des sols de la Réunion (BOS, 2011)



## 2. Les exploitations bovines réunionnaises

Les exploitations bovines réunionnaises ont un historique encore jeune avec un développement dans les années 70. Il n’y a actuellement en place que la seconde génération d’éleveurs. Les exploitations possèdent un recul de 40 ans en termes de pratiques et gestion agricole (DELABY, 2014).

Les exploitations bovines réunionnaises se divisent en exploitation de bovins allaitants et en exploitation de bovins laitiers (DAAF, 2015).

### 2.1 Typologie des exploitations laitières

Les **exploitations laitières** réunionnaises sont aujourd’hui au nombre de 75 et comptent environ 3000 têtes au total. L’élevage moyen compte 38 vaches pour une production de 236 000 litres de lait par an. Les vaches sont majoritairement de race Prim’Holstein. L’élevage laitier Réunionnais est réparti en 3 grands systèmes. Le système semi-intensif moyens troupeaux (SIMT), avec moins de 60 vaches et une production comprise entre 15 000 et 35 000 l/ha de SFP. Le système semi-intensif grands troupeaux (SIGT), avec plus de 60 vaches et une production comprise entre 15 000 et 35 000 l/ha de SFP. Enfin le système extensif moyens troupeaux (EMT), avec entre 30 et 60 vaches, et une production inférieure à 15 000 l/ha de SFP (voir Figure 5) (ODEADOM, 2016).

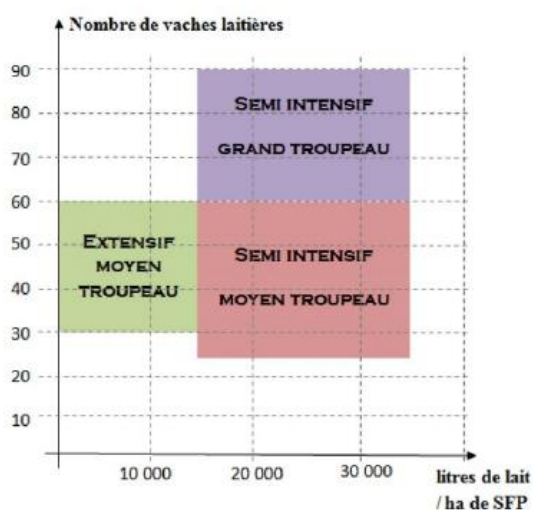


Figure 5 Graphique représentant la typologie des élevages laitiers réunionnais (ODEADOM, 2016)

Le chargement par hectare est le plus important pour les élevages SIMT avec 4,1 UGB/ha, il est deux fois plus faible pour les EMT 2,1 UGB/ha et il est de 3,8 UGB/ha pour les SIGT. La production laitière en litre de lait produit total ainsi qu’en litre de lait produit par vache est plus important pour les élevages SIGT. Cependant, les SIMT sont les plus efficaces puisqu’ils ont la plus grande production par hectare de SFP : 22 512 l/ha de SFP (voir Tableau 1). L’alimentation des vaches laitières est essentiellement basée sur l’usage de concentré avec entre 8 à 12kg de concentré par jour, soit environ 600g/l de lait produit et est également constituée de fourrages amenés en « ensilage d’enrubané » (ODEADOM, 2016 ; DELABY, 2014). Les éleveurs laitiers en grande majorité n’utilisent donc que très peu le pâturage.

Tableau 1 Typologie des élevages laitiers réunionnais (ODEADOM,2016)

TROUPEAU LAITIER			
Type	SIMT	SIGT	EMT
Production laitière (L)	299 250 <sub>7 125 L/VL</sub>	539 000 <sub>7 000L/VL</sub>	258 300 <sub>6 150L/VL</sub>
Nombre de vaches laitières	42	77	42
Productivité par ha de SFP (L)	22 512	18 425	9 240
Taux de renouvellement (%)	25	27	24
Consommation de concentrés (g/L)	600	600	600

Il existe plusieurs dispositifs de soutiens pour les éleveurs. L'aide POSEI concerne les primes à l'abattage, l'Indemnité Compensatoire de Handicap Naturel (ICHN), le montant est payé en fonction de la zone, du chargement et la mesure agro-environnementale. Le montant payé en fonction de la zone et du chargement est plus importante entre 0.3 et 2.5 UGB/ha, au-delà de 4,01 UG/ha et en dessous de 0,1 l'exploitation n'est pas éligible. La mesure agro-environnementale a un montant maximal pour des exploitations respectant 180 unité N/ha/an et possédant un chargement entre 0,3 et 2 UGB/ha/an (voir Annexe A Figure 31 et Figure 32) (ODEADOM, 2016).

Tableau 2 Indicateurs économiques des élevages laitiers réunionnais (ODEADOM, 2016)

Indicateurs économiques	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard
<b>Produit brut (€)</b>	<b>191 300</b>	<b>183 989</b>	<b>358 038</b>	<b>346 563</b>	<b>169 200</b>	<b>152 879</b>
dont aides (€)	44 909	42 079	81 511	77 664	38 663	34 522
dont achat génisses (€)	-16 800	-11 200	-11 200	-5 600	-11 200	-8 400
<b>Charges Opérationnelles. (€)</b>	<b>100 518</b>	<b>105 458</b>	<b>184 841</b>	<b>193 112</b>	<b>86 844</b>	<b>86 931</b>
dont achat alimentation (€) (concentrés + fourrages)	78 211	83 913	135 602	144 859	63 685	64 938
<b>Marge Brute/vache laitière (€)</b> (aide ICHN non-incluse)	<b>2 161</b>	<b>1 870</b>	<b>2 249</b>	<b>1 993</b>	<b>1 961</b>	<b>1 570</b>
EBE/PB (%)	32,1	26,7	30,8	26,2	32,7	25,6
Prix du lait payé (€/1000 l.) (aides incluses, sauf PDL)	605		590		671	
<b>Coût de production (€/1000 l.)</b> (rémunération 1,5 SMIC/UMO)	<b>638</b>	<b>696</b>	<b>626</b>	<b>670</b>	<b>724</b>	<b>810</b>

Dans le tableau ci-dessus, les élevages SIMT sont représentés en bleu, les élevages SIGT en vert et les élevages EMT en orange. Les élevages semi-intensifs possèdent la marge brute par vache laitière la plus importante, le coût de production le plus faible et ils possèdent le plus grand produit brut (voir Tableau 2).

Cependant, ce qu'il est important d'observer, c'est que l'efficacité des élevages laitiers insulaires est la même que celui des élevages laitiers métropolitains. En effet, le ration EBE (excédent brut d'exploitation) sur produit brut est compris entre 30 et 35%, comme en métropole (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2015). Le coût de production est plus important qu'en métropole car il est ici en moyenne de 600€/1000l et en métropole il est d'environ 400€/1000l. Le prix du lait est effectivement plus élevé qu'en métropole, cependant les vaches ne produisent qu'en moyenne 4000l/vache laitière soit environ la moitié de la production des vaches laitières métropolitaine (lorsque l'on se base sur des troupeaux de Prim'Holstein comme c'est le cas ici) (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2015). La gestion des pâturages peut donc amener un réel bénéfice à ces systèmes qui ne sont pas optimisés à leur maximum comme cela a été expliqué ci-dessus, cela est d'autant plus vrai avec la part importante d'achat d'aliments dans leurs élevages.

## 2.2 Typologie des exploitations allaitantes

Les **exploitations allaitantes** réunionnaises sont au nombre d'environ 400 et comptent environ 9000 têtes au total. La répartition est de 206 naisseurs, 84 engraisseurs, 63 naisseurs-engraisseurs et 40 autres. Les naisseurs peuvent être spécialisés (NS) ou diversifiés (NS\_V ou NDV) avec principalement du maraîchage. Les engraisseurs peuvent être spécialisés en engraissement des femelles (ENGf) ou des mâles (ENGm) et associent souvent cette activité à la culture de canne à sucre (ODEADOM, 2012b ; Réseaux de références en Elevage, 2017). Les animaux allaitants sont en grande majorité des animaux de race Limousine, Blonde d'Aquitaine, ou issus de croisement. Les naisseurs engraisseurs possèdent la SFP la plus importante et le chargement par SFP le plus faible (voir Tableau 3). Ils valorisent grâce au pâturage les prairies peu intensifiées et non mécanisables.

Tableau 3 Structure des exploitations bovin viande selon la typologie (ODEADOM, 2017)

	Naisseur Spécialisé (NS)	Naisseur avec Diversification Végétale (NDV)	Naisseur Engraisseur (NE)	ENGgraisseur de mâles (ENGm)
UMO	1,5	1,8	2,5	1,5
SAU (ha)	40	17	60	7
SFP (ha)	40	16	60	2
Cultures de vente	---	pomme de terre	---	canne à sucre
Cheptel de vaches-mères	45	22	65	---
Race	limousine	limousine	limousine	mixte (34 et 39)
Taux de renouvellement	15%	15%	15%	100%
Animaux engraisés	---	---	48	25

Tableau 4 Structure des exploitations bovin viande selon la typologie (ODEADOM, 2012)

Structure					
Code système	NS	NS_V	NE	ENGf	ENGm
SAU (ha)	40	20	70	2,5	5
SFP (ha)	40	18	70	0,5	0,5
UGB totales	57	40	90	18	11
UMO totales	1,6	2	2	1,3	1
Chargement (UGB/SFP)	1,5	2,4	1,3	36	22

L'alimentation des animaux contient des concentrés pendant la phase d'allaitement, après le sevrage précoce et lors de pénuries herbagères. Pendant ces périodes de pénurie, un achat de paille de canne, de bagasse (ce sont des fibres de la canne à sucre après broyage) et de foin sera également réalisé. Un mécanisme de mobilisation des réserves corporelles par les animaux pendant la période de pénurie leur permet de pallier au manque de nourriture. La reconstitution de leurs réserves corporelles se fera lors de la saison suivante ou la pousse de fourrage est plus forte (DAAF, 2015 ; DELABY, 2014).

Des aides de la PAC sont allouées aux élevages réunionnais. Un premier soutien est alloué aux éleveurs pour le maintien du troupeau (voir Anne B Figure 33). Il existe une prime à l'abattage. Elle est plus importante pour les gros bovins : au-delà de 350 kg. La prime au chargement par hectare est quant à elle plus forte lorsque les élevages ont entre 0 et 25 ha et un chargement compris entre 1,01-2,50 UGB/ha (ODEADOM, 2012b ; RESEAUX DE REFERENCES EN ELEVAGE, 2017) (voir Annexe B Figure 33). Une dernière aide existe pour les élevages allaitants comme laitiers, c'est une prime agro-environnementale de 220 €/ha qui est allouée aux élevages sur les zones pâturées ou l'azote apporté est limité à 180 N/ha/an et pour un chargement compris entre 0,3 et 2 UGB. Les aides favorisent les petites exploitations.

Tableau 5 Indicateurs économiques pour les élevages allaitants réunionnais (ODEADOM, 2016)

Indicateurs économiques	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard	Cas-Type Objectif	Exploit. Standard
<b>Produit Brut</b>	102 806 €	87 828 €	39 395 €	32 806 €	215 166 €	189 522 €	-	44 455 €
dont produit viande	50 019 €	37 704 €	19 109 €	13 997 €	107 138 €	87 864 €	-	17 965 €
dont aides atelier BV	32 977 €	30 314 €	14 846 €	13 369 €	82 878 €	76 508 €	-	26 490 €
dont autres aides (ICHN, MHAE)	19 810 €	19 810 €	5 440 €	5 440 €	25 150 €	25 150 €	-	-
<b>Charges opérationnelles totales</b>	26 573 €	24 655 €	9 180 €	8 499 €	70 855 €	64 404 €	-	19 689 €
dont concentrés	10 695 €	10 478 €	4 565 €	4 565 €	42 348 €	41 372 €	-	17 353 €
dont autres charges opérationnelles	8 458 €	8 437 €	3 460 €	2 909 €	14 506 €	13 233 €	-	2 196 €
dont charge production fourragère	7 420 €	5 740 €	1 155 €	1 155 €	14 000 €	9 800 €	-	140 €
<b>Marge Brute atelier viande</b>	76 234 €	63 172 €	30 215 €	24 307 €	144 311 €	125 118 €	-	24 766 €
<b>Marge Brute par VA</b>	1 694 €	1 404 €	1 373 €	1 105 €	2 220 €	1 925 €	-	-

Les élevages NS sont en verts, les élevages NDV sont en rouge, les élevages NE sont en jaune et les ENGm sont en violet. Les élevages NS possèdent plus de produit brut que les NDV, leur marge brute de l'atelier viande est plus grande ainsi que leur marge brute par VA et cela malgré des charges opérationnelles fortes (voir Tableau 5). Ce qui est important de remarquer c'est que le coût de production pour 100kg de poids vif est plus important à la Réunion : environ 530€, contre 400€ en métropole. L'EBE sur produit brut est également plus important qu'en métropole. Il est d'environ 50% contre 30% en métropole ; soit un EBE en moyenne 107 000€ pour la Réunion, contre à 60 000€ pour la métropole. L'efficacité des exploitations est donc moins bonne à la Réunion. Les charges opérationnelles et le produit brut correspond environ à ceux de métropole (RESEAUX DE REFERENCES EN ELEVAGE, 2016; INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2016). Bien que ce soit moins visible ici, la part importante d'achat d'aliments dans les élevages montre l'importance du pâturage, de sa gestion dans le développement des élevages allaitants ainsi que leurs améliorations économiques.

### 3. Les Prairies réunionnaises

L'île de la Réunion possède 10 750 ha de surface fourragère qui contient des prairies permanentes pour 74% de la surface, des cultures fourragères pour 17% de la surface, des parcours et des landes pour 9% de la surface (BRL INGENIERIE, 2016).

La morphopédologie et la climatologie de l'île vont influencer le type de végétation présent dans les prairies. Le gradient altitudinal, l'irrégularité de l'intensité et de la répartition des pluies, sont importants car ils pourront engendrer des typologies végétales différentes telles que la savane, la forêt tropicale, ou les prairies de montagne. Ainsi, il est observé deux grandes catégories de plantes : les espèces végétales tempérées et les espèces tropicales. Elles sont réparties selon le gradient d'altitude suivant (voir Figure 6) (BRL INGENIERIE, 2016 ; GRIMAUD, THOMAS, 2002).

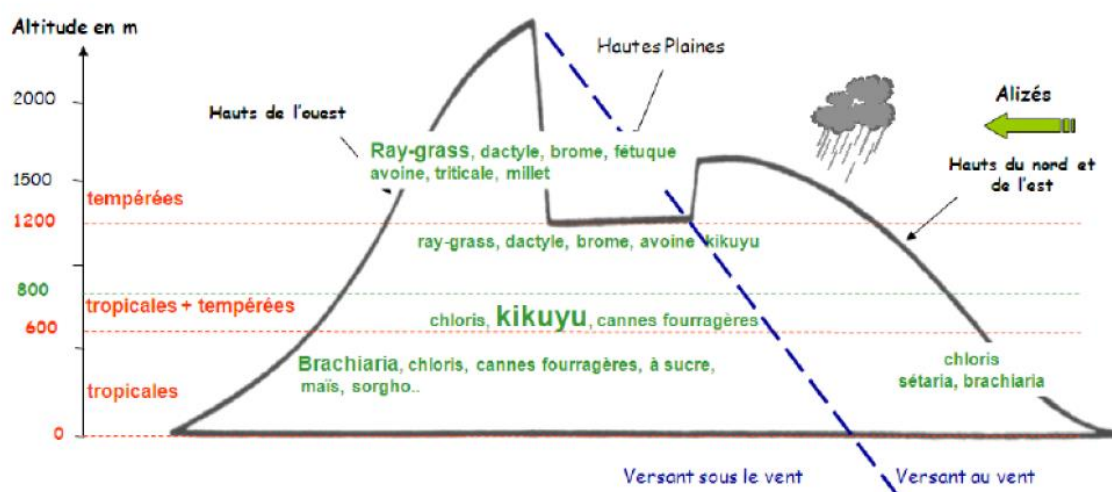


Figure 6 Schéma de répartition des espèces végétales en fonction du gradient altitudinal (BRL INGENIERIE, 2016).

Il y a 4 types de prairies sur l'île de la Réunion (voir Figure 6). Les prairies basses, jusqu'à 600 m d'altitude environ, elles sont constituées d'espèces tropicales hors kikuyu. Entre 600 et 800 m d'altitude, les prairies sont composées d'un mélange de plantes tropicales et tempérées, avec une grande prédominance du Kikuyu. De 800 m à 1200 mètres d'altitude, il y a encore un mélange de plantes tropicales et tempérées, avec une part plus importante de plantes tempérées. Les plantes tempérées sont majoritaires dans les prairies à partir de 1200 m d'altitude. Le rendement de ces différentes plantes va varier en fonction de leur implantation. Le Chloris est plutôt stable en termes de rendement 23 à 30 t de MS, alors que le Kikuyu va avoir un rendement plus faible dans l'Ouest que dans l'Est et plus faible dans le Nord que dans le Sud (voir Figure 7) (BRL INGENIERIE, 2016 ; GRIMAUD, THOMAS, 2002).

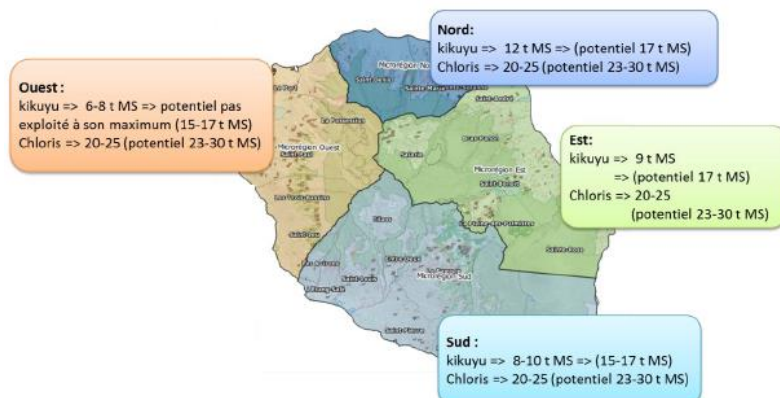


Figure 7 Rendements des principales plantes tropicales par régions (RAPPORT FOURRAGES, 2017)

### 3.1 Les différences entre les plantes tropicales et les plantes tempérées

Les plantes fourragères présentes dans les zones tropicales sont très variées. Elles se différencient des plantes tempérées par leur composition chimique : glucides pariétaux et cellulaires, protéines, lignine etc., leur structure physique : organisation des tissus et leurs teneurs en certains composés secondaires : tanins, saponines, etc. De plus, au pâturage des différences sont observées en matière d'architecture de densité de couvert (ARCHIMEDE *et al.*, 2009).

Les plantes tropicales présentes dans les prairies réunionnaises sont essentiellement des graminées. Les graminées tropicales sont considérées comme très productives mais faibles en valeur alimentaire. Une explication possible à cela est leur gestion non optimale, relativement à leur physiologie particulière. En effet, ce sont des plantes dont la photosynthèse est de type C4, par rapport aux graminées tempérées qui sont de type C3. L'une des conséquences de cette physiologie particulière est un développement et une maturation rapide du fourrage. Une exploitation plus précoce paraît donc nécessaire par rapport aux graminées des zones tempérées (ARCHIMEDE *et al.*, 2009).

De plus, les fourrages tropicaux ont des constituants pariétaux (NDF) en moyenne 16% plus élevés et une teneur en MAT plus faible de 8% en moyenne, que les fourrages tempérés. Leur ingestion est moins bonne que les fourrages tempérés mais meilleure que les pailles. La différence d'ingestion observée entre les fourrages s'explique par la composition physico-chimique des parois cellulaires. En effet, les fourrages tropicaux sont plus riches en tissus de soutiens, rigides (sclérenchyme) par rapport au collenchyme et cela à des conséquences sur leur dégradation lors de l'ingestion. L'âge de la repousse joue un rôle dans cette ingestion : plus l'âge est élevé, plus la plante est mature et plus l'ingestion est faible. De même, plus l'eau est présente dans la plante plus l'ingestion diminue. L'ingestion est le critère qui varie le plus avec la maturation de la plante (ARCHIMEDE *et al.*, 2009).

### 3.2 Les principales plantes tropicales



Figure 8 Kikuyu, *Chloris* et *Sétaria* (GRIMAUD *et al.*, 2005)

#### Kikuyu

L'une des plantes les plus présentes sur l'île, avec 7850 ha, c'est le *Pennisetum clandestinum*, appelé plus familièrement Kikuyu et originaire des plateaux Afrique de l'Est (voir Figure 8) (BRL INGENIERIE, 2016). Cette **graminée pérenne** a été introduite dans les années 70 à la Réunion et s'est développée dans les années 75 avec le développement de l'élevage. Le Kikuyu est une plante qui peut mesurer jusqu'à 46cm quand elle n'est pas pâturée. Elle est originellement présente entre 1950 et 2700m d'altitude, sous 1000 à 1600 mm de pluie, et entre 2 à 8°C et 16 à 22°C (MEARS, 1970).

Le kikuyu est une plante stolonifère et rhizomateuse, ses multiples stolons peuvent s'enraciner et cette plante forme ainsi un tapis épais. Ce dernier est très dense : 90% en poids des racines s'implantent dans les 60 premiers centimètres. Un enracinement plus profond (jusqu'à 3 m) est possible lors de



conditions favorables. Comme c'est une plante avec une photosynthèse de type C4, elle résiste mieux aux sécheresses, aux températures chaudes et elle a une meilleure gestion hydrique que les plantes en C3. Cependant, la sécheresse et le froid peuvent tout de même ralentir, voir stopper sa croissance (MARAIS, s.d.) Le kikuyu possède une haute teneur en azote. Cette teneur est importante en comparaison des plantes avec un haut ratio feuille/tige et il peut aller jusqu'à 8g/kg de MS pour le kikuyu. Il possède la même composition chimique et les mêmes aminoacides que le raygrass italien (DUGMORE, TOIT, 1986). Les aminoacides sont en même proportion que pour le raygrass italien, sauf pour la méthionine et la cystéine qui sont à 68 et 57% moins présentes dans le kikuyu. La méthionine et la lysine sont les deux aminoacides limitants en production laitière. L'énergie sera également limitante en production laitière lorsqu'elle est basée sur une alimentation avec du Kikuyu car il contient des carbohydrates non structurels et de l'acide oxalique qui vont diminuer l'action microbienne du rumen. Cela peut par ailleurs, entraîner la formation de méthémoglobine dans le sang qui rendra l'animal incapable de fixer l'oxygène. Le microbiote du rumen prend l'habitude au fur à mesure du contact avec la plante et la méthémoglobine diminue dans le rumen (MARAIS s. d.).

Les conditions d'installation du kikuyu sont particulières. Cette plante est habituée à évoluer dans un sol de type volcanique., donc avec de hautes teneurs en azote. L'altitude joue également un rôle dans son implantation (voir Figure 6). En tant que plante pérenne, elle possède une bonne longévité, une installation assez longue sur les parcelles. Ses stolons lui permettent d'avoir une bonne résistance à l'envahissement par les adventices et une bonne résistance au piétinement. Elle est présente essentiellement dans l'Ouest et le sud de l'île et possède un rendement moyen de 5 à 10 t de MS/ha/an sur un sol volcanique sans fertilisation. Il faut savoir qu'au cours de la période hivernale, sa croissance est plus faible et donc qu'elle nécessite une fertilisation adaptée (GRIMAUD *et al.*, 2005).

### Chloris

Le Chloris (voir Figure 8) est une plante que l'on trouve en basse altitude, elle n'est cultivée que de 0 à 800m. Au-delà de cette altitude son intérêt qualitatif et quantitatif est minoré par rapport aux plantes tempérées et au Kikuyu. Le *Chloris gayana* est une **graminée pérenne** originaire du sud de l'Afrique (BRL INGENIERIE, 2016). Elle pousse en touffe et est de grande taille : ses tiges mesurant de 0,6 à 1m. Chaque touffe possède des stolons qui peuvent s'enraciner au niveau des nœuds et donner de nouvelles touffes. L'inflorescence est représentée par un bouquet d'épis au bout des tiges (GRIMAUD *et al.*, 2005). Le Chloris est essentiellement utilisé pour la fauche car il ne supporte pas bien le piétinement. En fonction des habitudes culturelles, elle a une productivité moyenne de 15 à 35 t de MS/ha/an. Il existe 1530 ha de Chloris sur l'île et cette plante se trouve majoritairement dans le Sud de l'île.

### Sétaria

La plante *Setaria anceps* (voir Figure 8) est une plante basse tropicale pérenne de l'île. Cette **graminée fourragère** pousse en petite touffes, de nombreuses tiges la compose, ainsi que de courts stolons. Sa taille peut atteindre 1,20m en inflorescence. Elle est présente dans l'Est, elle l'est également sur les hauts de Saint Joseph à l'Ouest, à des altitudes allant de 0 à 600 m. Elle est principalement pâturée (GRIMAUD *et al.*, 2005).

### Brachiaria

Cette **graminée fourragère** est présente soit en touffe, soit rampante. Elle colonise le sol grâce à ses stolons. Les feuilles sont lisses ou très poilues. Tout comme le Chloris elle n'est cultivée qu'en basse altitude entre 0 et 600m. Son utilisation reste la pâture, bien qu'elle soit longue à l'implantation et qu'elle bouture facilement (GRIMAUD *et al.*, 2005).

### 3.3 Les plantes tempérées

Les plantes tempérées principalement présentes à la Réunion sont (voir Figure 9) :

- Le **dactyle** (*Dactylis glomerata*), une **graminée vivace** tempérée, présente à partir de 800m d'altitude
- Le **ray-grass** (*Lotium multiflorum/hybridum*), une **graminée** fourragère présente à partir de 800m d'altitude.
- La **fétuque élevée** (*Festuca arundinacea*), une **graminée tempérée vivace** présente à partir de 1200m d'altitude.
- Le **brome cathartique** (*Bromus catharticus*), **graminée** fourragère tempérée présente à partir de 1200m d'altitude.
- Le **trèfle blanc** (*Trifolium repens*), une **légumineuse**, tempérée, pérenne, rampante présente à partir de 500 m d'altitude.

Les plantes citées ci-dessus sont majoritairement trouvées en association dans les prairies (GRIMAUD *et al.*, 2005)

En plus faible pourcentage, la flouve odorante, la houlque laineuse et le lotier corniculé sont également présentes dans ces prairies.



Figure 9 Dactyle, Ray-grass, Fétuque, Brome et Trèfle (GRIMAUD *et al.*, 2005)



## 4. L'observatoire de pousse de l'herbe de la Réunion

### 4.1 Les objectifs et le fonctionnement de l'observatoire réunionnais

#### Les objectifs

L'amélioration de l'autonomie alimentaire des élevages, dans un contexte de volatilité des prix des matières premières, est l'objectif principal des observatoires. La gestion de l'herbe réalisée dans un système utilisant le pâturage est un mode d'exploitation économe de l'herbe. Il permet de diminuer l'apport en concentré des animaux, d'augmenter la production, de récolter du fourrage, de ne pas faucher les refus lorsque le pâturage est bien conduit, etc. Cependant, il reste délicat en raison de la mise en correspondance entre l'offre fourragère qui est tributaire du temps, des années et le besoin du troupeau (BELLOT, s. d.; BATTEGAY *et al.*, 2015). La capitalisation des données sur la croissance de l'herbe, sur sa qualité est nécessaire pour avoir des références sur lesquelles s'appuyer pour conseiller les pratiques des éleveurs et gagner en autonomie. C'est là qu'interviennent les observatoires. Cela permet en plus de partager, de diffuser les connaissances et références (BELLOT, s. d.; BATTEGAY *et al.*, 2015).

L'observatoire réunionnais a été mis en place pour obtenir des données sur les espèces communément rencontrées dans les prairies. En effet, aucun travail n'existe sur ces espèces et aucune table de références n'existe sur la valeur alimentaire et le taux de matière sèche de ces plantes. Bien sûr l'objectif final est de connaître les dynamiques de croissance des différents couverts végétaux présents à la Réunion. Et ainsi pouvoir conseiller de façon précise les éleveurs sur la gestion de leurs prairies pour qu'ils soient plus autonomes sur l'alimentation de leurs troupeaux (ARP, 2017).

#### Le fonctionnement

De nombreux réseaux existent en France métropolitaine que ce soit au niveau régional où au niveau départemental. Avant 2015, ils avaient tous leur propre façon de fonctionner et leur méthodologie propre. En 2015, le RMT (Réseau Mixte Technologique) « Prairies Demain », un projet de 2014 qui a pour but de valoriser pleinement le potentiel productif et alimentaire des prairies, a réuni des techniciens de plusieurs régions pour créer un protocole unique à mettre en place partout. Il décrit précisément comment choisir le nombre d'exploitations à suivre, comment choisir les parcelles à retenir dans chaque ferme de l'observatoire, le mode opératoire (utilisation d'un herbomètre, d'un drone, etc.), les données minimales qui doivent être recueillies, le principe de calcul des indicateurs et les conditions de validation des mesures. L'harmonisation des pratiques a été choisi par RMT Prairies Demain, pour permettre une cohérence des données issues des différents réseaux. Cela s'accompagne également d'un fichier Excel qui permet de faire remonter les informations depuis 2016 ; une base de données commune est également en réflexion (BATTEGAY, 2015a).

L'observatoire réunionnais suit cette même méthodologie mais il possède un protocole adapté aux conditions particulières de l'île. Il sera décrit plus précisément par la suite dans la description du stage.

#### Les indicateurs

Il existe un grand nombre d'indicateurs qui permettent de caractériser les prairies en qualité et en quantité et qui sont utilisés dans les observatoires et les bulletins de la pousse de l'herbe métropolitains ou étrangers (LABELLE, 2014). Ils ne sont pas tous utilisés par tous les observatoires : leur utilisation dépend du public visé, de la région, etc. L'étude réalisée par Thomas COGRANNE en 2018 au CIRAD de Saint Pierre à la Réunion (voir Annexe D Tableau 21) donne la répartition des 16 indicateurs mis en évidence en fonction des observatoires de métropole.

La densité de l'herbe qui s'obtient après calcul grâce aux hauteurs de biomasse délivrées par l'herbomètre (un des outils de mesure utilisé dans les observatoires), est présente dans 67% des observatoires d'après l'étude. Il y a ensuite la croissance de l'herbe en Kg de MS/ha/j qui se calcule à

l'aide des hauteurs d'herbe et de la densité ; elle est également présente dans 67% des observatoires. Ces deux indicateurs sont également utilisés dans les observatoires et les bulletins de la pousse de l'herbe au Québec et aux Etats-Unis (LABELLE, 2014; DAIRYLINK, s.d.).

Les hauteurs d'herbes sont présentes dans 60% des cas, le stock en herbe et les jours d'avance sont présents dans 27% des observatoires. Les sommes des températures et la pluviométrie sont respectivement présentes dans 73% et 30% des cas.

Ces indicateurs sont les principaux indicateurs utilisés dans les observatoires et les bulletins de la pousse de l'herbe.

Le premier indicateur de qualité de biomasse n'arrive qu'en 9<sup>ème</sup> position, il permet de connaître la valeur alimentaire de la biomasse et il n'est présent qu'à hauteur de 13%.

#### 4.2 Les partenaires porteurs du projet de l'observatoire : l'ARP et le CIRAD

**Le CIRAD** est un centre de recherche public français. 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 agit en partenariat avec les pays du Sud (CIRAD, 2018). 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 (CIRAD, 2018a). Le CIRAD est aujourd'hui présent dans plus de 100 pays. Ils sont 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 basées 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. Les actions concernent également le partage des connaissances et la formation des acteurs localisés dans les pays du Sud (CIRAD, 2018b).

**L'ARP** 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 d'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 5 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 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 semence par l'organisme. Cette activité a pour but d'aider les agriculteurs à accéder à des semences différentes, de qualité, et plus facilement (ARP, 2018).

L'ARP est financée par l'Europe, l'Office de Développement de l'Economie Agricole des Départements d'Outre-Mer et le département Réunion.

En 2015, l'ARP a redéfini ses actions prioritaires dans le cadre du Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole (RITA) « ANIMAL » : l'actualisation des connaissances techniques sur les systèmes fourragers et leur gestion, le développement d'outils de diagnostics des prairies et la production de références (densité fourragère en fonction des régions, etc.) nécessaires à la mise en œuvre d'un observatoire de la croissance de l'herbe, pour accompagner les éleveurs dans une démarche de conduite optimisée des pâturages.. Le dernier point constitue le sujet de mon stage de janvier à juillet 2018.

Le stage s'inscrit dans le cadre du projet ECLIPSE (Emerging Crop-Livestock Production System adapted to a changing Environment) (<http://arche-net.org/index.php/fr/project-fr/project-eclipse-fr>).

Le projet Eclipse a été créé en appui au réseau Arche\_NET, un réseau régional multipartenaire d'échange scientifique dans les pays de l'océan indien. Le but de ce réseau est de supporter des projets visant à gérer l'adaptation des systèmes d'élevage de ruminants aux changements agro-écologiques et socio-économiques. Ce réseau s'inscrit dans le PRÉRAD : plateforme qui soutiens 5 grands réseaux : l'élevage (Arche\_Net), la santé animale et humaine, la santé végétale et la biodiversité, etc. Le PRÉRAD regroupe 31 partenaires, qui sont des établissements de recherche et des universités. Ils sont répartis dans 7 pays de l'Océan Indien : l'Afrique du Sud, l'Inde, le Mozambique, Madagascar, l'Union des Comores, l'Australie et la France (la Réunion) (voir Annexe C Figure 34). A l'origine, ARChE\_Net était le nom du premier projet crée en 2012 par le réseau. Il regroupait 24 partenaires issus des 7 pays. Il a conduit au développement et au partage de 6 outils : SPIR, Télédétection, LASER, FAST et Base de données. Ces outils permettent de quantifier et qualifier les ressources liées à l'élevage : le sol, les fourrages et les animaux. Ils ont permis de mettre en avant des pistes d'améliorations de la production de biomasse, qui ont été proposées aux partenaires. Ce premier projet s'est terminé en 2015. Son action a été poursuivie avec le projet ECLIPSE qui doit s'achever en 2020 (CIRAD, 2015).

#### 4.3 Du projet ECLIPSE à l'observatoire de la pousse de l'herbe réunionnais

Le projet ECLIPSE s'articule autour de 7 grandes actions (voir Annexe C Figure 35). La première action concerne la caractérisation agronomique et environnementale des ressources. Elle a pour but 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, à l'échelle de la parcelle et à celle du territoire. La praticité est particulièrement recherchée pour les outils, donc, un accent est mis sur les outils portables comme : le drone, le « normalized difference vegetation index » (NDVI) l'herbomètre, la spectrométrie proche et moyen infrarouge (SPIR), etc. Les trois premiers outils servent à l'évaluation de la quantité de ressources disponibles. Le drone crée une carte de réflectance en filmant une zone. Il évalue la lumière renvoyée par la plante, de la longueur d'onde verte à l'infrarouge : la longueur d'onde de la plante correspond à son activité chlorophyllienne. La sensibilité machine donne nombre de pixel/m<sup>2</sup> et permet d'obtenir différents indicateurs quantitatifs comme la densité par m<sup>2</sup> (ARCHE\_NET, 2018). De façon similaire, le NDVI est calculé à partir des bandes spectrales « rouge et proche infrarouge » d'une image satellite. L'herbomètre permet de prendre des mesures de hauteur de la plante sur le terrain. Le SPIR, contrairement aux autres permet d'analyser la qualité des biomasses (ARCHE\_NET, 2018).

L'objectif de la caractérisation de ces ressources est de permettre une identification des stratégies pour adapter les systèmes d'élevages aux contraintes socio-économiques et environnementales actuelles et futures. C'est dans ce cadre qu'intervient la création de l'observatoire de la pousse de l'herbe réunionnais fin 2017 (ARP, s. d.; ARCHE\_NET, 2018). Deux études vont se suivre et donnent lieu à des stages de 6 mois. La première concerne la création et la mise en place de l'observatoire, elle a été réalisée par Thomas Cогranne de juillet 2017 à décembre 2017. La seconde intervient à la suite de ce premier stage et concerne le développement de cet observatoire (de janvier à juillet 2018).

## 5. Problématique

Le besoin d'optimisation de l'élevage ruminant, l'amélioration de l'autonomie alimentaire des troupeaux, la sécurisation de l'approvisionnement en fourrage, associés à la géomorphologie particulière de l'île, sont à l'origine de l'installation de l'observatoire de la pousse de l'herbe à la Réunion. Son installation intervient dans le cadre du projet ECLIPSE, projet créé par le RITA dans le but d'adapter les systèmes d'élevages aux contraintes socio-économiques et environnementales actuelles et futures.

Le choix de création d'un observatoire s'est fait car c'est le système le plus développé dans le monde pour répondre aux besoins d'optimisation de l'élevage ruminant et d'autonomie alimentaire. En effet, il va permettre d'obtenir, à l'aide d'outils, des données de références utilisées pour caractériser les ressources fourragères présentes sur les prairies de pâture. Il va également pouvoir les vulgariser pour les rendre exploitables par tous à travers des bulletins d'informations notamment (DAIRYLINK, s.d.; LABELLE, 2014).

La mise en place de l'observatoire à la Réunion a été réalisé fin 2017 par l'ARP (l'organisme porteur du projet) et le CIRAD (l'organisme de recherche soutiens de l'ARP). Cette première phase du projet de l'observatoire était l'objet du stage de Thomas COGRANNE. Le stage a permis la création du protocole de l'observatoire et sa mise en application d'octobre à décembre 2017 (ARP 2017).

A la suite de ce stage, l'observatoire réunionnais est passé à une seconde phase. Cette phase est la phase de développement. Elle consiste à développer ce système à la Réunion, en adéquation avec l'île et ses problématiques. Elle a également fait l'objet d'un stage de janvier à juillet 2018. Le stage axé sur le développement de ce système à la Réunion s'est articulé autour d'une question centrale qui n'avait alors pas de réponse :

**Comment caractériser les ressources fourragères afin d'optimiser les systèmes d'élevages réunionnais ?**

Le développement d'un tel système est un sujet vaste et cette question centrale amène de nombreuses sous questions. En hiérarchisant ces dernières par ordre de priorité, deux d'entre-elles apparaissent importantes à se poser.

Tout d'abord : **Comment valoriser les données acquises et l'ensemble du dispositif disponible dans le cadre de l'observatoire de la pousse de l'herbe ?** Puis : **Comment l'herbe des prairies de pâturage évolue-t-elle en temps et en espace à la Réunion ?**

Afin de commencer au mieux le développement de ce système, il sera important de s'intéresser aux attentes et connaissances des différents acteurs du projet : organismes de recherche, organismes de conseil, éleveurs, etc.

## 6. Méthodologie

La méthodologie employée par l'observatoire réunionnais est celle qui a été utilisée pendant le stage qui intervient dans le cadre du développement de l'observatoire et qui répond aux problématiques présentées plus haut.

### 6.1 Description du protocole de l'observatoire Réunionnais

Le protocole de l'observatoire réunionnais qui a été mis en place au cours du stage de Thomas COGRANNE en 2017, est une adaptation des protocoles métropolitains. Les protocoles de métropoles sont tous basés sur le protocole RMT «prairies de demain», qui est l'unification en 2015 des protocoles existants (SELLAM, SAINT-LOUBOUË, 2016).

Ce protocole détermine :

- **le choix des fermes**
- **le choix des parcelles**
- **le mode opératoire de récolte des données**
- **les données minimales devant être recueillies**
- **les principes des calculs**
- **les conditions de validité des mesures** (BATTEGAY, 2015b).

Le protocole réunionnais possède quelques spécificités : la valeur alimentaire des espèces végétales est une donnée prise en compte et l'hydromorphie des parcelles ainsi que l'état floristique des végétaux ne sont pas pris en compte. Ces différences entre le protocole RMT prairies et le protocole réunionnais s'expliquent par le manque de main d'œuvre et le manque de temps des personnes en charge de l'observatoire de la pousse de l'herbe de la Réunion.

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.

### 6.2 Le choix des fermes et des parcelles à la Réunion : l'échantillon

Les fermes suivies par l'observatoire réunionnais ont été choisies selon le protocole RMT prairies. Elles pratiquent donc le pâturage tournant et possèdent toujours un minimum de 5 parcelles sur lesquelles pâturer hors parcelles écartées pour la fauche, pour cause de pâturage, etc. Les parcelles qu'elles possèdent sont destinées uniquement au pâturage, implantées depuis plus de 6 mois et elles ne sont pas atypiques (aire d'attente du bétail, etc.).

Il y a actuellement **8 fermes** qui sont suivies par l'observatoire.

Elles ont été choisies pour être le plus représentatives de l'élevage ruminant réunionnais en termes de gestion de pâturage, de flore présente, de sol et de géographie.

La sélection des fermes a été réalisée sur la base du volontariat des éleveurs.

Un zonage a été réalisé par Thomas COGRANNE, lors du premier stage de l'observatoire. Il a permis de délimiter différentes zones (voir Figure 10). Ces zones sont issues du recoupement des zones de prairies avec les zones d'élevages de l'île et couplées aux densités d'élevage de chaque zone. Les différentes zones ont été obtenues à l'aide d'une superposition de couches.

Les zones de prairies ont été obtenues à l'aide de la Base Occupation des Sols 2016 (BOS). Les stations météorologiques issues du recoupement des informations de Météo France, et du CIRAD ont servies à construire les isohyètes et isothermes. L'isohyète liée à la pluviométrie a été classé tous les 250 mm, de 0 jusqu' à 4750 mm, ce qui correspond à l'amplitude pluviométrique dans laquelle toutes les

prairies sont regroupées. L'isotherme a été construit à partir des moyennes des températures annuelles.

Une projection des élevages de l'île a été réalisée par l'unité ARTISTS du CIRAD et couplée à une base de données donnant les températures et les pluviométries pour chaque exploitation. La base de données donnait pour 504 parcelles agricoles une extrapolation de la température et de la pluviométrie moyenne. Enfin, une étude prospective sur la ressource fourragère commandité par l'ARP a permis de déterminer les bassins de productions et de consommation de fourrage sur l'île de la Réunion.

Les zones retenues à la suite de ce zonage pour le suivi de l'observatoire sont donc : les Hauts de l'Ouest, le Tampon, les Hauts de Saint Joseph et la Plaine de Cafres (voir Figure 10).

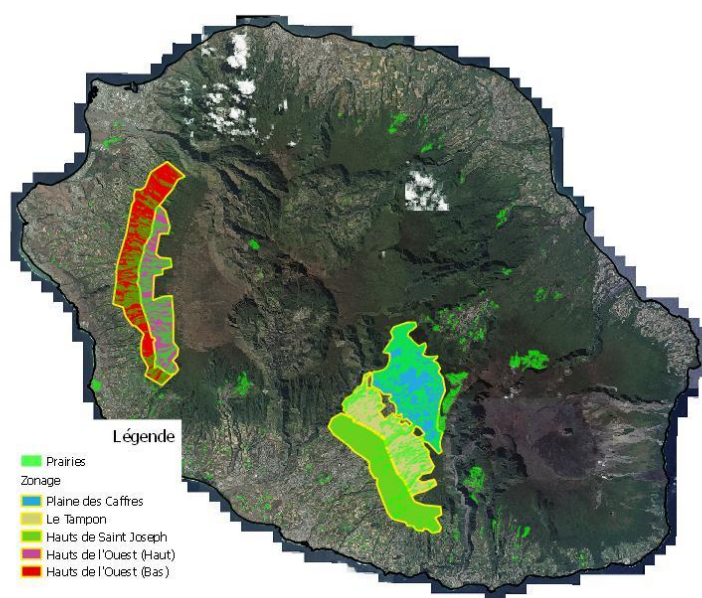


Figure 10 Zones géographiques de répartition des fermes de l'observatoire, (COGRANNE, 2017)

Les fermes de l'observatoire sont présentées ci-dessous (voir Tableau 7). Elles sont présentes dans trois zones géographiques. Les exploitations de Christian Hoarau, de Mickael Payet et de Nicolas Permalnaïken se trouvent dans les Hauts de l'Ouest ; celles de Didier Picard, Alix Techer et Jean-René Rennesville se trouvent dans la Plaine de Cafres. Enfin, celles de Richard Corret et de Jean-Luc Bernard se situent dans les Hauts du Tampon et de Saint Joseph.

Une codification leur est attribuée pour faciliter l'écriture de leurs données dans la base et dans les cahiers de terrain (Observatoire De l'Herbe) (voir Tableau 6):

Tableau 6 Codification des élevages (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

ODH1	ODH2	ODH3	ODH4	ODH5	ODH6	ODH7	ODH8
Didier Picard	Christian Hoarau	Jean-Luc Bernard	Nicolas Permalnaïken	Mickael Payet	Alix Techer	Jean-René Rennesville	Richard Corret

Les manipulateurs qui récoltent les données sur ces fermes, pour l'observatoire, sont trois. Ils possèdent chacun 2 à 3 fermes à suivre :

- **Yoann Pellier** est technicien à l'ARP, il est le premier à avoir débuté le suivi des fermes en octobre 2017.
- **Anthony Fontaine** est en première année de BTS en alternance au CIRAD spécialisé en Production Animale. Le suivi n'est effectué que tous les 15 jours à cause de sa formation.
- **Clémence Soëtens** est en stage de fin d'étude d'ingénieur en production animale au CIRAD.



Tableau 7 Présentation des élevages de l'observatoire (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	<b>Didier PICARD</b> - Earl Piton du gain -	<b>Christian HOARAU</b>	<b>Jean-Luc BERNARD</b> - SEDAEL -	<b>Nicolas PERMALNAÏKEN</b>	<b>Mickael PAYET</b> -Earl les Fromentales -	<b>Alix TECHER</b>	<b>Jean-René RENNESVILLE</b>	<b>Richard CORRET</b>
<b>Troupeau</b>	Laitier	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant	Allaitant
Race	Prim'Holstein	Limousine	Limousine	Mixte*	Limousine	Limousine	Limousine	Limousine
Vaches	74	41	180	27	33	40	33	41
Génisses	25	Quelques une	77	5	Quelques une	Quelques une	Non renseigné	10
Taureau	1	1	240	1	1	1	Non renseigné	2
<b>Prairies/Pâtures</b>								
Espèce principale	Mélange *	Kikuyu	Kikuyu	Kikuyu	Kikuyu	Mélange *	Mélange *	Kikuyu
Surface	30 ha	36 ha	177 ha	18 ha	60 -65 ha	41 ha	22 ha	36,60 ha
Parcelles de suivi	14	11	8	7	7	6	5	5
Accessibilité*	Oui	Oui	Oui	Non	Certaines	Oui	Faible	Certaines
<b>Alimentation</b>								
Concentré	Oui <sup>post</sup> traite	Non renseigné	Non renseigné	Oui pour le taureau	Oui avant vêlage	Non	Non renseigné	Non renseigné
Fourrages	Oui <sup>post</sup> traite	Non renseigné	Non renseigné	Non	Paille de canne et ensilage (hiver, herbe pousse moins)	Ensilage <sup>2</sup> mois l'hiver	Non renseigné	Non renseigné
<b>Conduite</b>								
Abreuvoirs	Absents parfois	Présents	Présents	Présents	Présents	Présents	Présents	Présents
Fauche	Oui	Oui	Non renseigné	Episodiquement	Non	Oui	Non renseigné	Non renseigné
Engrais	Minéral	Minéral	Non renseigné	Lisier ou Fumier	Fumier	Oui	Non renseigné	Non renseigné
<b>Manipulateur</b>	Y.Pellier	C.Soëtens	Y.Pellier	C.Soëtens	C.Soëtens	A.Fontaine	A.Fontaine	Y.Pellier
<b>Autres</b>	-	-	Centre d'élevage	-	-	Pâturage au fil	-	-

Mélange\*: présence à 50% d'espèces végétales tropicales et tempérées ; Accessibilité\*: les parcelles sont accessibles, au moins en partie, par un véhicule

### 6.3 Le mode opératoire de récolte des données

**L'EARL PITON DU GAIN, la SEDAEL** ainsi que l'exploitation de **Christian HOARAU** étaient les seules fermes présentes dans le suivi de l'observatoire en fin d'année 2017 lors du stage de Thomas COGRANNE. Elles ont contribué au test du protocole de l'observatoire de la pousse de l'herbe réunionnais et leurs données collectées ont été collectées à partir **d'octobre 2017**.

**Les autres fermes** ont été prospectées en début du second stage, entre janvier et mars 2018. Pour ces dernières, les données collectées ont commencé en **mars 2018** et pour certaines d'entre elle **en avril 2018**.

#### La récolte des données

De façon hebdomadaire, un technicien se rend sur chacun de ses élevages et procède à des relevés de hauteurs d'herbe, ainsi qu'à des prélèvements de biomasse. Il relève les différentes mesures sur un carnet de suivi de terrain propre à chaque ferme (voir Figure 11), puis les transcrit dans une base de données Excel. La moindre remarque ou observation de sa part sur l'état des parcelles, sur l'état de la végétation (herbe couchée, herbe gorgée d'eau, etc.) sera également notée dans le carnet de terrain et la base de données. Une feuille est alors remplie à l'aide des informations du carnet et donnée à l'éleveur à la fin de chaque visite.

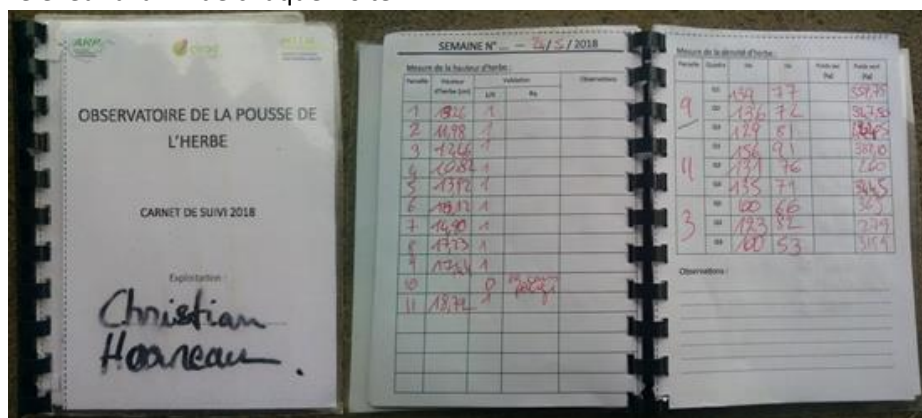


Figure 11 Exemple d'un carnet de suivi terrain (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

#### Matériel

Le matériel utilisé est le même que celui utilisé dans le protocole RMT prairie : un herbomètre Jenquip pour les mesures de hauteur d'herbe, un quadra et une tondeuse pour les prélèvements de biomasse. La seule différence ici est que le quadra a été choisi de forme circulaire pour épouser la forme du plateau de l'herbomètre, son diamètre est de 65cm (Figure 12).

**L'herbomètre Jenquip** est un outil développé en Nouvelle Zélande et validé par l'INRA. Il est constitué d'un plateau qui coulisse le long d'un axe gradué. Lorsqu'il est placé au-dessus de l'herbe à mesurer, la tige descend au sol et le poids de son plateau entraine une compression de l'herbe. Cette compression dépend de la densité de l'herbe, de sa résistance à la compression et du poids du plateau. Les mesures effectuées par cet outil néozélandais sont compatibles avec l'herbomètre développé par Arvalis (MACADAM, HUNT, s. d.; PIN, 2016). L'herbomètre possède des biais de mesure. Tout d'abord l'utilisateur, car ce dernier a un lien direct avec la pression émise sur l'outil et donc sur le poids du plateau. Le manipulateur doit donc être le même sur chaque parcelle de chaque ferme suivie (AIKEN, BRANSBY, 1992). Il y a ensuite la plante en elle-même qui n'aura pas la même résistance à la pression (FEHMI, STEVENS, 2009; MACADAM, HUNT, s. d.; RAYBURN, 2015). Enfin à partir d'une certaine hauteur d'herbe, l'herbomètre n'est plus très fiable. Le protocole RMT prairies Demain donne la hauteur de 17 cm ; au-delà l'herbe se couche et cela fausse les résultats (MATHIEU, FIORELLI, 1985).



**Le quadra** est une surface permettant au manipulateur de prélever à l'aide d'une tondeuse, la biomasse à l'intérieur de la surface connue. Il est ici circulaire pour pouvoir épouser le plateau de l'herbomètre lors de la prise des mesures de hauteurs dans le quadra.



Figure 12 Herbomètre et quadra de 65cm de diamètre (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

#### Mesure de hauteur d'herbe

Parmi les deux méthodes utilisées par le RMT Prairies de Demain :

**Méthode 1** : elle consiste à poser l'herbomètre à intervalle de pas régulier le long d'une diagonale qui traverse la parcelle. Il faut réaliser au minimum 30 mesures par hectare et la diagonale reste toujours la même.

**Méthode 2** : elle consiste à faire 50 mesures en zigzag, tous les 4 pas, dans la même zone chaque semaine. La zone en question est délimitée, elle fait 2000 m<sup>2</sup>, elle est homogène et est représentative de la parcelle : pas de zone avec une densité d'adventice importante, etc. (SELLAM, *et al.*, 2016).

La méthode 2 est celle qui a été choisie pour l'observatoire réunionnais car elle demande moins de temps dans le cas de grandes parcelles que la méthode n°1. Le nombre de techniciens pouvant effectuer ce suivi n'étant pas très élevé cela paraît la meilleure méthode à adopter ici. De plus cette méthode permet d'être précise et représentative d'une zone de la parcelle (ARP, 2018.).

L'herbomètre est l'outil qui permet de réaliser ces mesures, qui sont prises à l'arrêt et sans force. Les mesures sont reportées du carnet de terrain à la base de données. Les hauteurs d'herbe supérieures à 20cm de hauteur sont indiquées dans cette dernière.

#### Mesure de biomasse

Les prélèvements de biomasse sont réalisés à l'aide de l'herbomètre, d'un quadra et d'une tondeuse. Ils sont réalisés **dans 3 parcelles parmi l'ensemble du parcellaire de chaque ferme**. Il y a trois prélèvements de biomasse par parcelle, soit 9 prélèvements à chaque visite. Les mesures réalisées pour les prélèvements de biomasse sont également répertoriées dans le carnet de terrain puis dans la base de données.

**Le quadra est envoyé aléatoirement** dans la même zone de mesure que celle utilisée pour mesurer les hauteurs d'herbe. Il faut néanmoins veiller à ce que le quadra ne tombe pas dans une zone non représentative : avec un excès d'adventice, du piétinement, etc.

**Quatre mesures de hauteur d'herbe** sont réalisées donnant ainsi la hauteur moyenne de la biomasse présente dans le quadra.

**L'herbe est ensuite coupée à la tondeuse**, le quadra sert à couper à hauteur de 5cm, ce qui correspond à la hauteur laissée après le passage des vaches (entre 5 à 10cm). L'herbe est mise dans un sac qui contient une étiquette avec le numéro de la parcelle.

**Quatre mesures** sont prises après pour obtenir la moyenne des hauteurs post coupe.

**Une balance** est utilisée à la fin des 9 prélèvements de biomasse pour connaître le poids vert des différents échantillons. Elle est tarée entre chaque échantillon. Ils sont ensuite placés dans une glacière avec des pains de glace pour qu'ils ne chauffent pas le temps du trajet en voiture jusqu'au laboratoire.

#### Laboratoire

Chaque échantillon de biomasse est mélangé puis **redivisé en un sous échantillon** de 180 à 200 g. Le mélange sert à ce qu'il soit le plus représentatif du quadra. Un biais est présent car les échantillons présents sur le terrain peuvent avoir un poids qui varie entre 50g à 1,5kg. **Le sous échantillon est placé dans un sac à étuve** qui possède la date, le nom de l'exploitation, de la parcelle ainsi que du quadra. **Le poids exact du sous échantillon** vert est noté dans la base de données.

**Les sous échantillons sont alors placés dans l'étuve** qui chauffe à 68°C, pour une durée de 48h, afin d'être séchés. Leur poids sec est mesuré et reporté dans la base de données. En cas d'impossibilité d'utiliser l'étuve au retour du terrain, les sous-échantillons peuvent être placés au congélateur. Ils seront alors sortis pour décongeler avant leur mise à l'étuve ; la congélation pouvant occasionner des cristaux d'eau éclatant les tissus de la plante au séchage.

**Parmi les échantillons séchés**, celui qui a été mesuré au bon stade sera **broyé** en intégralité ; c'est-à-dire que les trois échantillons de la parcelle seront broyés. Le broyat sec sera ensuite mis dans un pot, annoté. **Une analyse au SPIR** permettra de connaître la valeur alimentaire de l'échantillon.

### 6.4 Le mode opératoire d'analyse de données

#### Base de données : fichier Excel

L'analyse des données récoltées se fait à partir d'une base de données de saisie de format Excel. La base de données de saisie de l'observatoire a été créée par Maëva Miralles-Bruneau de l'ARP et possède 8 onglets INDEX, EXPL, PARC, SHH, SDH, SOB, FLO et Suivi\_BDD .

- **INDEX** : l'index de la base de données.
- **EXPL** : présente les 8 exploitations (Nom, adresse, géolocalisation...).
- **PARC** : présente le nom, les surfaces et le nombre de parcelle de chaque exploitation. Le nom des parcelles est associé à une codification pour faciliter la rentrée des données dans le cahier de terrain et dans la base : P01 pour la parcelle 1, P02 pour la parcelle 2 etc.
- **SHH** : présente les résultats obtenus à la suite des mesures de hauteurs d'herbe.
- **SDH** : présente les résultats obtenus à la suite des mesures de biomasse.
- **SOB** : présente les observations liées au suivi de l'observatoire (changement de matériel, évolution du protocole, etc.).
- **FLO** : présente les diagnostics floristiques réalisés dans les élevages de l'observatoire.
- **Suivi\_BDD** : présente les observations et remarques concernant la base de données par exemple les problèmes de cyclone qui repousse la prise de données. Les onglets rouges concernent les onglets à remplir pour le suivi soit : SHH, SDH, SOB et Suivi\_BDD.

Le fichier a été retravaillé pour permettre le support des analyses avec le moins de biais possible. Les lignes incomplètes ont été supprimées et lorsque le pas de temps entre deux mesures (sur une même parcelle) excédait 8 jours, la mesure n'était prise en compte. En effet, lorsque les vaches retournent sur une parcelle, cela remet cette dernière à 0 en termes de hauteur d'herbe. Les résultats seraient faussés si les pas de temps supérieurs à 8 jours entre deux mesures étaient gardés car il y a un risque que les vaches aient été de retour sur la parcelle.

## Du fichier Excel aux résultats

Dans le but d'analyser les premiers résultats de l'observatoire et ainsi de caractériser la pousse de l'herbe réunionnaise en temps et en espace, un choix a été fait de s'intéresser dans un premier temps à deux indicateurs de la dynamique de pousse de l'herbe : **la densité en kg de MS/ha/cm** et **la croissance en kg de MS/ha/j**. Ces deux indicateurs vont être calculés à partir des données du fichier Excel et leur calcul sera présenté par la suite dans la partie des résultats : les livrables techniques.

L'absence de données de références concernant la pousse de l'herbe des prairies de pâtures réunionnaises, associée aux particularités géomorphologiques et climatiques de l'île, ont orientés ce choix d'étude des résultats en fonction de trois paramètres : **la zone géographique**, **la flore** majoritairement présente dans l'exploitation et **la saison**.

Il y a **trois zones géographiques**. Ce sont celles des fermes énoncées plus haut : les Hauts de l'Ouest, la Plaine des Cafres et les Hauts de St Joseph et du Tampon.

Il existe deux **flores** majoritairement présentes dans les exploitations : le Kikuyu et la flore mixte qui présente un nombre égal de plantes tempérées et tropicales.

Enfin, les **saisons** sur lesquelles a été faite l'étude, sont l'été austral et le début de l'hiver austral. Le choix a été fait de redécouper ces deux saisons en trois saisons distinctes : **la saison 1 d'octobre à novembre**, **la saison 2 de décembre à février** et **la saison 3 de mars à juin**. En effet, la Figure 14, ci-dessous permet d'observer que la saison 1 connaît une très faible pluviométrie, la saison 2 connaît le pic pluviométrique le plus important et la saison 3 une pluviométrie faible mais un peu plus élevée qu'en saison 1. Cela est comparable au rythme de la productivité de l'herbe. Ce graphique qui est valable pour la Plaine des Cafres a été validé à dire d'expert pour les autres zones géographiques de notre étude.

L'analyse des variables : zones, saison et flore, va être réalisée à l'aide du logiciel R. Un modèle de régression linéaire sera utilisé pour attester de la présence ou non, d'un effet de la zone, de la saison ou de la flore, sur la densité ou sur la croissance. Cependant pour pouvoir utiliser un tel modèle il faut s'assurer que la distribution de la densité et de la croissance suive bien une distribution gaussienne. Cela est le cas ici après avoir normalisé les données à l'aide d'un logarithme (voir Figure 13) : la croissance est à droite et la densité à gauche.

L'analyse et le modèle de régression linéaire sont expliqués à la suite de cette partie dans la partie analyse des premiers résultats.

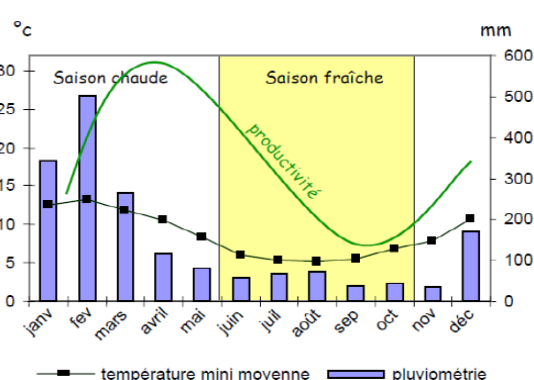


Figure 14 Evolution de la productivité des prairies à la Plaine des Cafres en fonction des saisons (BARBET-MASSIN et al., 2005)

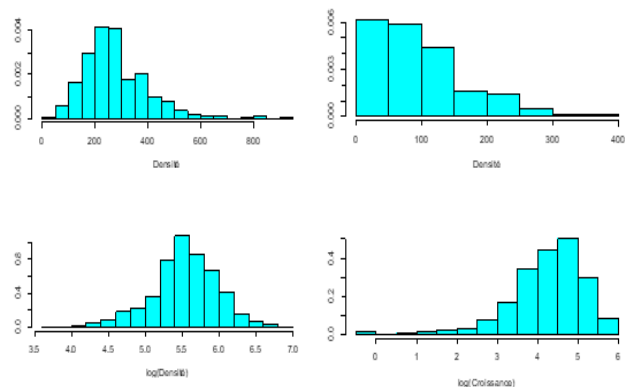


Figure 13 Distribution de la densité (gauche) et de la croissance (droite) avant et après transformation logarithmique (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## 7. Résultats : les livrables techniques

Les livrables cités dans cette partie concernent essentiellement la valorisation du dispositif et des données acquises dans le cadre de l'observatoire.

### 7.1 Liste des indicateurs à utiliser dans l'observatoire

Le protocole de l'observatoire a été créé et validé auprès de trois fermes, après deux mois de test, fin décembre 2017. Il a permis de débiter la récolte de données, ainsi que d'accroître le nombre de fermes dans le suivi par l'observatoire début 2018.

Le projet est alors passé à une seconde étape de son développement. Elle consiste à développer l'observatoire et donc valoriser les données acquises par ce dernier. Pour ce faire, il a fallu choisir les indicateurs qui sont pertinents à utiliser dans l'observatoire aux vues des données recueillies et des attentes des acteurs de ce projet. Il faut en effet pouvoir analyser les données récoltées ainsi qu'obtenir des éléments qui permettent de conseiller les élevages sur leur gestion du pâturage.

Une synthèse bibliographique sur l'utilisation des indicateurs, ainsi qu'une synthèse des attentes des différents acteurs, ont été réalisées. Elles ont été couplées au recensement des indicateurs utilisés dans les observatoires métropolitains qui a été réalisé par le premier stagiaire du projet de l'observatoire : Thomas Cogranne (voir Tableau 21). Ce recoupement entre les différentes synthèses a permis d'aboutir à la sélection de **8 indicateurs**. Concernant les indicateurs répondant aux attentes des acteurs, il a été pris en considération la jeunesse de l'élevage sur l'île et le peu de connaissance des éleveurs en termes de gestion de pâturage. Les hauteurs d'herbe (en cm) d'entrée en pâturage d'une parcelle, la densité, etc., ne sont pas des notions connues par la grande majorité d'entre eux.

Les **8 indicateurs** sélectionnés sont présentés ci-dessous ( voir Tableau 8) et il y a **trois niveaux de tri**. **Le premier niveau de tri** (en rouge ci-dessous) est un tri dans le temps, c'est-à-dire qu'il répond à la question de la mise à disposition des indicateurs à court moyen et long terme. Quels sont ceux que l'on peut déjà exprimer aujourd'hui avec le peu de données recueillies et qui permettent une première familiarisation aux éleveurs à ce sujet.

**Le deuxième niveau de tri** (en vert ci-dessous) est un tri qui se fait en fonction des utilisateurs. Les organismes initiateurs du projet de l'observatoire formulent un besoin d'analyse complète des données. Les éleveurs et les organismes de conseils (autres que l'ARP), formulent un besoin d'obtenir des éléments de conseils en gestion de pâturage : simples et facilement compréhensibles.

Enfin **le troisième niveau de tri** (en jaune ci-dessous) correspond à un tri affiné aux besoins des éleveurs. Certains d'entre eux manifestent un réel intérêt de compréhension et de gestion du pâturage. A la différence les autres veulent connaître des éléments d'amélioration simple car leur intérêt actuel pour la gestion de l'herbe est faible (voir Tableau 8).

Tableau 8 Répartition des différents indicateurs en fonction des niveaux de tri (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Hauteurs d'herbe mesuré	Densité en kg de MS par ha	Stock d'herbe disponible	Chargement	Données météorologiques : degrés cumulés, somme des températures...	Jours d'avance	Valeur alimentaire de l'herbe	Besoin en herbe en fonction du kg à l'auge et du besoin de croissance
Dans le temps	Immédiate			Futur Proche		Futur plus éloigné		
En fonction de l'utilisateur :								
ARP, CIRAD	X	X	X	X	X	X	X	X
Organisme de conseil	X	X	X	X		X	X	
Éleveurs	X		X	X		X		
En fonction des éleveurs :								
peu intérêt	X		X	X				
fort intérêt	X	X	X	X		X	X	

Calculs des quatre indicateurs exprimables à court terme

### Hauteur d'herbe en cm, mesurée par l'herbomètre :

Cette mesure est exprimée par l'herbomètre Jenquip utilisé ici. Cet herbomètre est un outil développé en Nouvelle Zélande et une unité de ce dernier correspond à 50mm. Il faut donc multiplier par un demi ou diviser par deux les valeurs obtenues pour avoir le résultat en cm (FIORELLI, s. d.; MOSIMANN *et al.*, s. d.).

### Densité en kg MS par ha :

Elle s'obtient à l'aide des résultats obtenus après traitement laboratoire des échantillons de biomasse.

La densité pour une parcelle d'une exploitation sur une période donnée correspond l'équation suivante :

$$\frac{(\text{Biomasse verte présente par ha} \times \%MS)}{\text{Différentiel de hauteur}} \times \text{Surface de la parcelle}$$
$$\text{Surface Totale des parcelles pâturables de l'exploitation}$$

- **Biomasse verte présente par ha :** elle correspond à un poids d'herbe en gramme, issu d'une coupe réalisée dans un quadra circulaire de 65cm de diamètre. Il faut remettre le résultat en kg et en ha pour avoir quelque chose de représentatif de la parcelle.

$$= \frac{(\text{Poids de la biomasse verte} - \text{Poids du sac la contenant}) \times 100\,000\,000}{\pi \times \left(\frac{65}{2}\right)^2 \times 1000}$$

- **% de MS :**

$$\frac{(\text{Poids de la biomasse sèche : post traitement étuve} - \text{Poids du sac la contenant})}{(\text{Poids de la biomasse verte} - \text{Poids du sac la contenant})} \times 100$$

- **Différentiel de hauteur :** il correspond aux hauteurs relevées par l'herbomètre avant et après la coupe d'herbe effectué dans le quadra, à la période donnée, sur la parcelle de l'exploitation donnée.
- **Surface de la parcelle et surface totale des parcelles pâturables de l'exploitation :** le choix a été fait de pondérer les valeurs obtenues par les surfaces. En effet, aux vues des différences climatiques et géomorphologique il a paru pertinent de pondérer par les surfaces, pour être au plus proche de la réalité. Cela a été confirmé par Mr DELABY.

→ Pour déterminer la densité de l'exploitation, une moyenne des densités des parcelles de l'exploitation est faite.

### Stock : notion d'herbe disponible en kg de MS

Le mot stock désigne ce qui est disponible en herbe sur pied sur une parcelle ou une exploitation. Il se calcule de la manière suivante (DELABY *et al.*, 2010):

$$(\text{Hauteur d'herbe d'entrée} - \text{Hauteur d'herbe de sortie}) \times \text{densité de l'herbe} \times \text{Surface de la parcelle}$$

**Hauteur d'herbe d'entrée et de sortie :** elles correspondent à la hauteur d'herbe d'entrée des animaux sur la parcelle et la hauteur d'herbe lorsque les animaux ont fini de pâturer et sortent de la parcelle.

### Chargement : détermination de la charge optimale avec la croissance de l'herbe

Le chargement se calcule à l'aide de la capacité d'ingestion de l'animal, de sa production (de viande ou de lait) et de la MS présente sur l'exploitation (CHISCI *et al.*, s. d.). Il permet de comprendre l'efficacité du pâturage en prenant en compte la MS du fourrage présent (son encombrement) et la productivité de l'animal (avec sa capacité d'ingestion associée).

Il est très en lien avec le **stock**, ainsi qu'avec la notion de **jours d'avance** qui permet de déterminer combien de temps le troupeau pourra évoluer sur une parcelle. Le **nombre de jours d'avance** correspond à la division du stock en herbe disponible par la capacité d'ingestion du troupeau.

Afin de permettre une meilleure évaluation du chargement et du nombre de jours d'avance, une simulation des capacités d'ingestion basé sur un élevage laitier et un élevage allaitant moyen réunionnais a été réalisé (voir ci-dessous et Tableau 9):

- **Vache laitière (Prim'Holstein)** : 600kg, multipare, 5 ans, un pic de 35kg de production, 13<sup>ème</sup> semaine de lactation en stabulation libre avec un lait à 4% de matière grasse.
- **Vache allaitante (Limousine)** : 600kg, 5ans, élevée à l'herbe et dehors toute l'année.

Les capacités d'ingestion sont issues des documents de l'INRA et il en va de même pour l'encombrement des fourrages (MALTERRE *et al.*, 1989; BARBET-MASSIN *et al.*, 2004). Le tableau ci-dessous donne la capacité de consommation par vache, par type de flore et par jour.

Tableau 9 Capacité de consommation en fonction de la flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Exploitation	Capacité d'Ingestion	Type de flore	Encombrement du fourrage	Capacité de consommation (kg de MS par jour)
Laitier	17.8	Kikuyu	1.08	16.48
		Dactyle	1	17.80
		Ray-grass	1.1	16.18
Allaitant	10.5	Kikuyu	1.08	9.72
		Dactyle	1	10.50
		Ray-grass	1.1	9.55

## 7.2 Trame des premiers bulletins de l'observatoire

Un premier livrable a été présenté à l'ARP car c'est l'organisme de conseil instigateur qui s'occupera de l'observatoire une fois que ce dernier sera mis en place durablement. L'ARP conseille les éleveurs en termes de pâturage, il réalise également la diffusion des bulletins, etc.

Ce premier livrable présenté à l'ARP et visible dans l'Annexe H, Figure 44, est un livrable d'aide à la décision. Il présente une proposition possible d'un bulletin d'observatoire (portrait et paysage) et les différentes parties qui ont été choisies à l'aide du livrable sur les attentes des différents acteurs. Les parties des bulletins sont :

- La présentation des données/indicateurs
- Les observations et préconisations
- L'agenda technique
- L'agenda de l'évènementiel agricole
- Le témoignage d'éleveur.

Ce livrable présente alors les indicateurs qui seront utilisés : ce sont majoritairement ceux présentés dans le livrable précédent. Il y aura tout d'abord la **hauteur d'herbe** pour que les éleveurs puissent, en fonction de leur zone géographique, avoir un repère en cm lié à un repère visuel à hauteur de botte. Cela leur servira à savoir de façon plus précise, quand faire entrer les animaux sur la pâture et quand les en faire sortir. Il y a ensuite le **stock**, les éleveurs réunionnais ont en majorité peur de manquer d'herbe et ils ne connaissent pas l'offre de leur couvert végétal. Leur permettre de calculer leur stock

d'herbe par parcelle est donc important. Associé au stock, la notion de **jours d'avance** sera également mise à dispositions et pour également être calculée.

Une maquette a été réalisée pour une meilleure visualisation de cette trame de bulletin (voir ci-dessous).

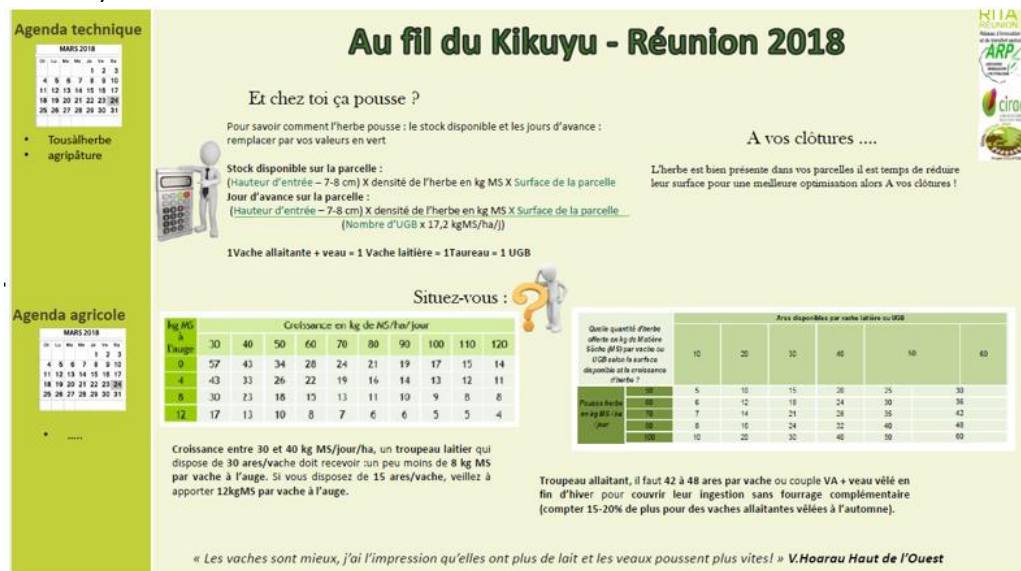


Figure 15 Trame des bulletins de l'observatoire (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Un deuxième livrable présentant les quatre premiers bulletins de l'observatoire a également été fait (voir Annexe H Figure 45). Ils présentent respectivement l'utilité du pâturage et de sa gestion dans les élevages, l'observatoire et son intérêt pour les éleveurs ; ainsi que les premières notions de gestion de pâturage pour les éleveurs et les premiers indicateurs.

### 7.3 Optimisation de la base de données de saisie

La base de données de saisie Excel

La demande exprimée par l'ARP a été d'obtenir un fichier plus simple à remplir, sans perte d'information et faisant le lien entre le fichier actuel et une future création de logiciel comme Patur'In ou Pasture Based chez les irlandais. La décision a donc été dans un premier temps de le transposer en base Access et qui sera par la suite transformée en logiciel.

La base de données de saisie de l'observatoire est un fichier Excel qui a été expliqué dans la partie précédente.

De la base Excel à la base Access

Dans le but de le transposer en base Access, les points ont remplacés toutes les virgules du fichier, un onglet troupeau a été rajouté permettant de faire état du nombre de vaches, de génisses, de taureau et du type d'élevage (laitier ou allaitant). Un onglet manipulateur a également été rajouté permettant de connaître l'organisme auquel appartient le manipulateur, son nom et les fermes qu'il suit. Les parcelles ont été mis à jour et ainsi que les informations sur les élevages. Les parcelles des exploitations possèdent une codification identique P01, P02, etc., un identifiant a donc été créé pour permettre au fichier de différencier les parcelles des différentes exploitations et ne pas mélanger les valeurs entre les exploitations.

Les tables faisant référence aux différents onglets ont été créées dans la base Access et les onglets ont été importés un par un dans la base. SHH est devenu la table Hauteur, PARC est devenu Parcellaire, SDH est devenu Biomasse, EXPL est devenu Exploitation, FLO est devenu Flore Presente, SOB est



devenu Suivi Observatoire et Suivi\_BDD est devenu Suivi de la Base. L'INDEX n'a pas été créé en table car les noms des colonnes du fichier Excel ont été réécrites de façon plus claire pour une compréhension immédiate du fichier.

La relation entre les tables a été faite et les calculs présents dans la base Excel ont été retranscrits dans la base Access (voir Figure 16).

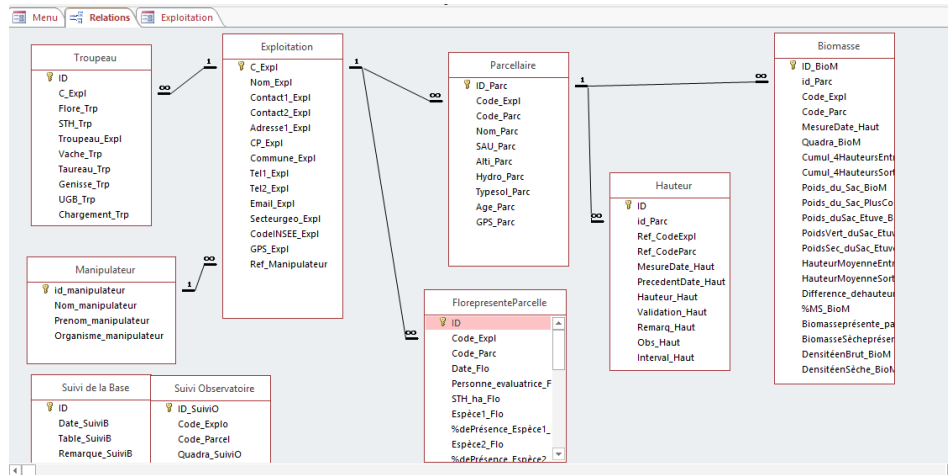


Figure 16 Tables et relation entre les tables Access (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Des formulaires et des requêtes ont été créés pour permettre de remplir la base de données avec plus de simplicité. Les tables Biomasse, Hauteur, Suivi de la Base, Suivi Observatoire, Flore Présente et Parcelleire ont été laissés sous format de tableau car c'était le format le plus adéquat pour rentrer les données et ajouter d'autres données ou indicateurs. Les autres ont été créés avec une interface plus avenante et des boutons divers (voir ci-dessous).

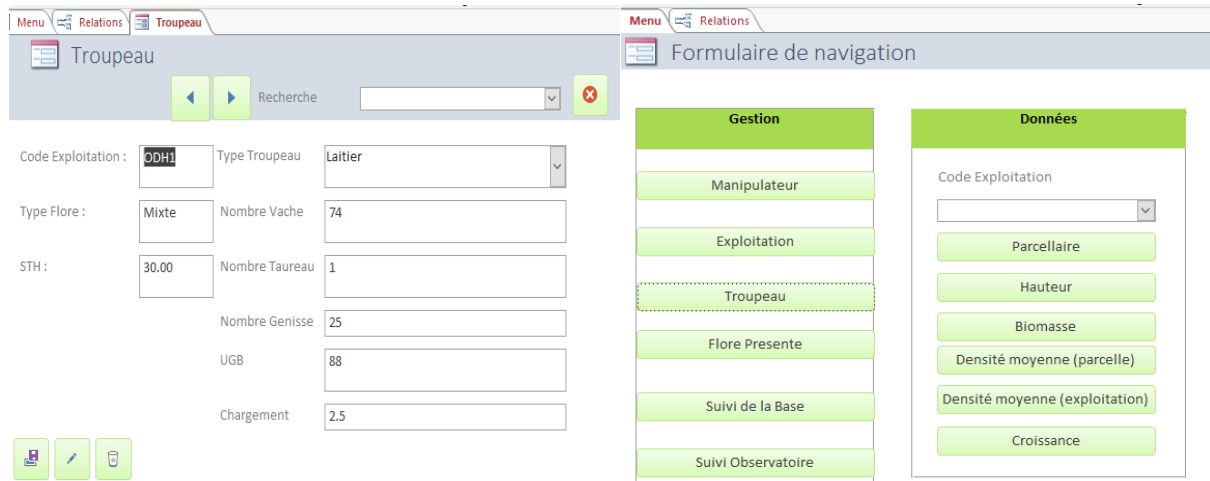


Figure 17 Exemple d'interface plus avenante et présentation de l'interface du Menu (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Un menu a également été créé pour permettre de rentrer uniquement dans les tables qui sont intéressantes pour le manipulateur à l'instant T et limiter ainsi la source d'erreur (voir Figure 17). De même pour limiter les erreurs, les tables ont été scindées en deux catégories : celles liées à la gestion (Troupeau, Exploitation, Suivi Observatoire, etc.) et celles liées aux données (Parcelleire, Hauteurs, etc.) (voir ci-dessous).

Un onglet demandant le code de l'exploitation est obligatoire à remplir pour pouvoir accéder aux différentes tables liées aux données : Parcelleire, Biomasse et Hauteur. Cela permet également d'accéder à 3 autres tables : la table Croissance (qui permet d'obtenir la croissance moyenne de l'exploitation et la croissance par parcelle), la table Densité moyenne (parcelle) et la table Densité



moyenne (exploitation). Ces trois derniers onglets ont été créés dans le but d'aider les conseillers de l'ARP dans le calcul des indicateurs de gestion du pâturage et donc dans le conseil aux éleveurs. Ils sont tous les trois reliés au code de l'exploitation demandé précédemment pour permettre de proposer les bonnes dates entre lesquelles calculer la croissance et la densité. En effet, les fermes n'ont pas toutes commencé le suivi en même temps, il était donc important que les dates de suivi apparaissent ici pour que les conseiller n'aient plus qu'à choisir les dates via un onglet de tri et qu'ils n'aient pas à se souvenir de toutes les dates de suivi de toutes les fermes. Ceci a été réalisé dans le but de faciliter la recherche des données par le conseiller et de limiter les sources d'erreurs (voir Figure 18).

Ref_CodeEx	Ref_CodeParc	Hauteur.Mes	Hauteur	Hauteur_1.A	Haute	Croissance
ODH1	P01	04/10/2017	9.8	08/11/2017	11.4	1.60
ODH1	P02	04/10/2017	11.6	08/11/2017	10.3	-1.30
ODH1	P03	04/10/2017	9.27	08/11/2017	11.2	1.93
ODH1	P04	04/10/2017	10.8	08/11/2017	11.5	0.70
ODH1	P05	04/10/2017	11.7	08/11/2017	11.5	-0.20
ODH1	P06	04/10/2017	11.5	08/11/2017	11.6	0.10
ODH1	P07	04/10/2017	11.8	08/11/2017	11.8	0.00
ODH1	P08	04/10/2017	12.7	08/11/2017	10.5	-2.20
ODH1	P09	04/10/2017	13.5	08/11/2017	8.6	-4.90
ODH1	P10	04/10/2017	10.9	08/11/2017	12.5	1.60
ODH1	P11	04/10/2017	11.4	08/11/2017	12	0.60
ODH1	P12	04/10/2017		08/11/2017	10.7	
ODH1	P13	04/10/2017		08/11/2017	5.5	
ODH1	P14	04/10/2017		08/11/2017	8.9	

Figure 18 Présentation de l'interface Croissance par parcelle Access (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## 8. Analyse des premiers résultats

L'objectif de l'analyse des premiers résultats est de déterminer s'il y a un effet de la saison, de la flore, de la zone géographique sur les valeurs de densité et de croissance obtenues.

Que ce soit pour l'analyse liée aux données de densité ou celle liée aux croissances, un identifiant a été créé pour permettre de dissocier les parcelles des exploitations : la codification initiale étant identiques pour toutes les parcelles des exploitations. Il est nommé **parc.id**. Les mois ont été regroupés en saison pour obtenir les trois saisons souhaitées : saison 1 : d'Octobre à Novembre, saison 2 : de Décembre à Février, et saison 3 de Mars à Juin. Ils se voient donc eux aussi recodifiés voir Tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10 Recodification des mois (SOURCES PERSONNELLE, 2018)

N°du mois	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Recodification	0	1	2	3	4	5	6	7	8

### 8.1 Densités

Une exploration graphique des données de densité est réalisée pour chaque exploitation. L'évolution de la densité dans les exploitations y est représentée en fonction des mois (voir Figure 19). Les lignes rouges sont les moyennes par mois. Une exploration graphique similaire à celle-ci-dessous mais qui est réalisée par parcelle de chaque exploitation est disponible dans l'[Annexe I](#), Figure 46.

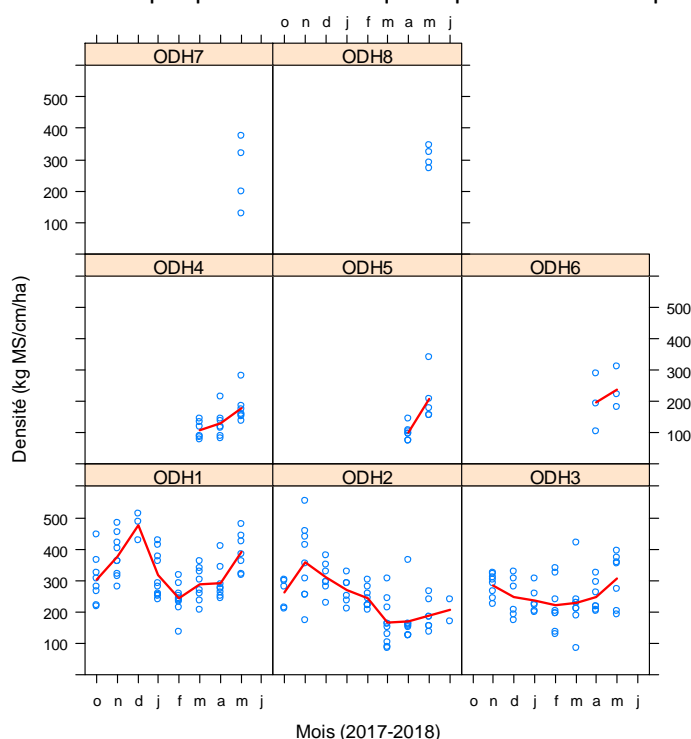


Figure 19 Graphiques représentant l'évolution de la densité par mois dans les exploitations (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Cette exploration graphique permet de remarquer que seules 3 exploitations sont suivies sur les trois saisons : ODH1, ODH2 et ODH3. Cela signifie que pour l'analyse des effets de la saison, de la zone géographique et de la flore, il faudra se focaliser sur les 3 seules fermes présentes à chaque saison et non sur la totalité du panel. Cela signifie également qu'il faudra enlever l'effet saison lors de l'étude des 8 exploitations.

Par la suite, le mois de juin sera enlevé car le nombre de données relevées est trop limité pour être pris en compte.

## Exploration graphique des trois fermes

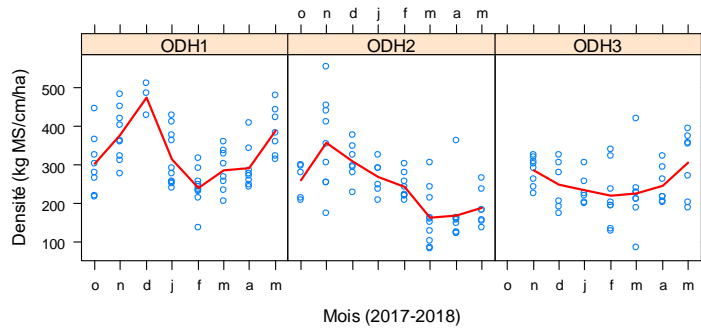


Figure 20 L'évolution de la densité par exploitation en fonction des mois (SOURCES PERSONNELLE, 2018)

Le graphique ci-dessus (Figure 20) montre que pour toutes les exploitations, la densité est la plus élevée en saison fraîche, saison 1 et qu'elle diminue ensuite en saison 2. La densité redevient plus élevée à partir de février -mars pour la zone de la Plaine des Cafres (ODH1), et mars-avril pour les zones des Hauts de l'Ouest (ODH2) et de Saint Joseph et du Tampon (ODH3). De plus, l'exploitation qui possède une flore mixte (ODH1), possède une valeur maximale de densité plus élevée que les deux autres dont le couvert végétal est le Kikuyu. L'exploitation ODH3 ne possède aucune valeur sur le mois d'octobre, ce mois sera donc enlevé par la suite. Il est également important d'observer la variabilité inter-parcellaire qui existe dans chaque exploitation. En effet, pour chaque exploitation et pour chaque mois, les points des graphiques ne sont pas concentrés mais étalés.

En s'intéressant maintenant à la densité pour chacune des parcelles des trois exploitations on obtient le graphique suivant (voir Figure 21) :

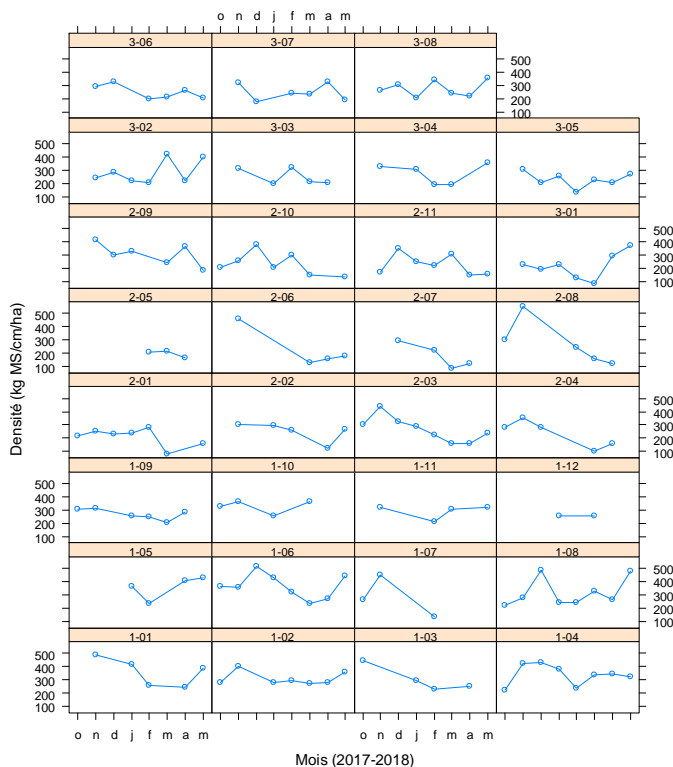


Figure 21 Evolution de la densité pour les parcelles des exploitation (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Une grande variation de la densité est observée ici avec une forte baisse entre janvier et mars qui se situe en été austral : saison particulièrement humide et une ré-augmentation à partir de mars-avril. La différence d'évolution des courbes entre les couverts végétaux Kikuyu et Mixte est également observable ici. D'après cette analyse exploratoire, il semble que la densité soit influencée par la saison. Elle confirme donc l'analyse qui suit.

### 8.1.1 Les trois fermes : interaction espèce – saison

Dans un premier temps, l'influence de l'espèce et du mois est analysée. En effet, si aucune interaction n'est observée entre ces deux variables, la probabilité est faible qu'il y ait une interaction entre l'espèce et la saison.

#### Espèce – mois

Une première exploration graphique des données de densité est réalisée sur les 3 fermes (voir Figure 22).

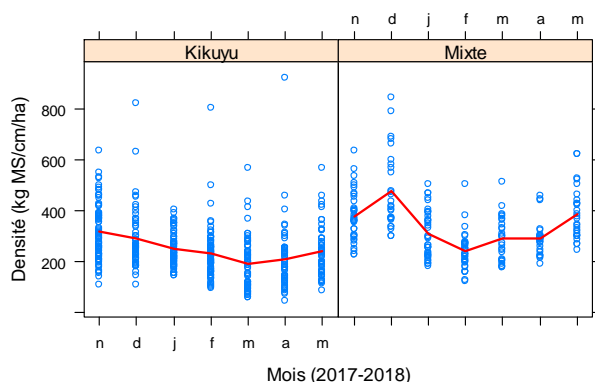


Figure 22 Graphique représentant la relation entre l'espèce floristique et la saison (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Le graphique ci-dessus, permet d'observer l'évolution de la densité en fonction de l'espèce floristique et du mois de visite. Une interaction est observée ici car les évolutions sur les 7 mois d'études sont différentes. Il semble que **la densité soit influencée par l'espèce végétale et par le mois.**

Le modèle qui est utilisé ensuite pour estimer les effets des variables explicatives espèces (Kikuyu et Mixte) et mois de visite (de novembre 2017 à mai 2018), le modèle 1, est un modèle de régression classique. Un effet aléatoire « parcelle » est ajouté à ce modèle pour estimer les écarts à la moyenne générale générés par chaque parcelle. Le modèle s'écrit de la façon suivante (en considérant uniquement deux variables explicatives  $z_1$  et  $z_2$  avec interaction pour simplifier) :

$$D_{ij_1j_2t} = \mu + \beta_{j_1}z_1 + \beta_{j_2}z_2 + \gamma_{j_1j_2}z_1z_2 + u_t + \varepsilon_{ij_1j_2t}$$

$D_{ij_1j_2t}$  : la densité de la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  et  $j_2$  des variables  $z_1$  et  $z_2$ , dans une parcelle  $t$

$\mu$  : l'intercept soit la moyenne générale dans la modalité de référence.

$\beta_{j_1} \beta_{j_2}$  : la valeur des coefficients (effet fixe) pour les modalités  $j_1$  et  $j_2$

$\gamma_{j_1j_2}$  : le coefficient de l'interaction entre les modalités  $j_1$  et  $j_2$  des variables  $z_1$  et  $z_2$

$u_t$  : la valeur du coefficient (effet aléatoire) pour la parcelle  $t$ , soit l'écart à la moyenne générale généré par la parcelle  $t$ .

$\varepsilon_{ij_1j_2t}$  : la valeur du résidu pour la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  et  $j_2$  des variables,  $z_1$  et  $z_2$  dans une parcelle  $t$ .

Les modalités de références pour utiliser ce modèle sont : le Kikuyu pour l'espèce et le mois de novembre pour le mois. Un test de Fisher va permettre de réaliser cette comparaison multiple, sachant

que l'échantillon suivi n'est pas de grande taille et bien que ce dernier soit normalisé. Ainsi, la flore mixte sera comparée au kikuyu et les autres mois au pourront être comparés mois de Novembre. Le modèle permet d'obtenir le tableau ci-dessous (Dans ce tableau, la **Moyenne observée de la modalité référence** représente le logarithme de la densité du Kikuyu au mois de novembre, l'**Espèce (floristique)** représente le logarithme de la densité de la flore mixte, la **Visite (mois)** représente le mois de visite de relevé de mesures et l'**Espèce : visite**, représente l'interaction entre les deux.

Tableau 11). Dans ce tableau, la **Moyenne observée de la modalité référence** représente le logarithme de la densité du Kikuyu au mois de novembre, l'**Espèce (floristique)** représente le logarithme de la densité de la flore mixte, la **Visite (mois)** représente le mois de visite de relevé de mesures et l'**Espèce : visite**, représente l'interaction entre les deux.

Tableau 11 Graphique des résultats obtenus grâce que modèle de régression (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Num DF	Den DF	F-value	p-value
<b>Moyenne observée de la modalité référence</b>	1	613	71018.89	<.0001
<b>Espèce (floristique)</b>	1	29	55.75	<.0001
<b>Visite (mois)</b>	6	613	25.84	<.0001
<b>Espèce : visite</b>	6	613	5.32	<.0001

Le tableau ci-dessus permet d'observer que l'espèce floristique présente un effet sur la densité, de même que le mois et que l'interaction du mois et de l'espèce floristique (p-value inférieur à 0.001).

Le diagnostic du modèle est disponible [Annexe J](#), Figure 47. Il permet d'attester que la variabilité des résidus est constante quelle que soit la valeur prédite, et que tous les résidus ont une distribution normale.

**En allant plus loin** : une prédiction de valeur serait utile à l'ARP dans l'optique future de conseils aux éleveurs.

Tableau 12 Valeur de prédiction de la densité en kg de MS/ha/cm en fonction de la flore et des mois (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>Kikuyu</b>	295.87	266.31	240.39	215.24	165.13	181.22	221.70
<b>Mixte</b>	367.60	445.26	294.29	230.60	279.79	278.77	365.81

Les valeurs de prédictions de densité par flore et par mois obtenues à l'aide du modèle sont présentées ci-dessus. Les valeurs de densités obtenues sur une flore de type kikuyu diminuent de novembre à avril et remonte faiblement en mai. A la différence les valeurs de densités obtenues sur une flore de type mixte augmentent entre novembre et décembre, diminuent jusqu'à mars, se stabilisent entre mars et avril et augmentent de nouveau en mai.

Espèce – saison

Une exploration graphique a été réalisée comme précédemment (voir Figure 23).

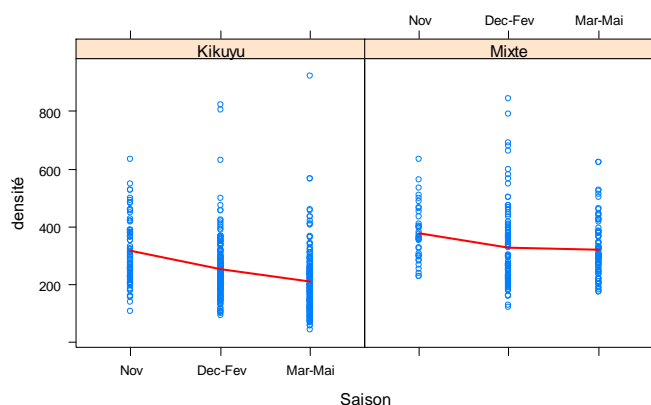


Figure 23 Exploration graphique de la densité par saison et par flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Le graphique ci-dessus permet de montrer qu'une interaction est présente car les évolutions de la densité sur les 3 saisons est différente entre les deux flores.

Le modèle de régression linéaire (modèle 2), utilisé ici s'écrit de la même manière que le modèle précédent (modèle 1). La différence entre ces modèles réside uniquement dans le fait que les mois sont remplacés par les trois saisons décrites plus haut. Il utilise donc les mêmes modalités de références : le kikuyu pour l'espèce et la saison 1 remplace le mois de novembre. Un test de Fisher est toujours utilisé ici pour les mêmes raisons que celles décrites précédemment.

Tableau 13 Résultats de l'analyse 2 densité (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Num DF	Den DF	F-value	p-value
<b>Moyenne observée de la modalité référence</b>	1	621	51374.40	<.0001
<b>Espèce (floristique)</b>	1	29	40.20	<.0001
<b>Saison</b>	2	621	37.74	<.0001
<b>Espèce : saison</b>	2	621	7.73	5e-04

Le modèle permet d'obtenir ce tableau ci-dessus Tableau 13. Il permet d'observer qu'il y a encore ici un effet de l'espèce sur la densité (p-value inférieur à 0.001). Il y a également un effet de la saison sur la densité et un effet de l'interaction des deux, sur les valeurs de densité (p-values significatives).

Le diagnostic de ce modèle est également disponible, ainsi que la valorisation inter parcelle (voir Annexe K). Il permet aussi d'attester que la variabilité des résidus est constante quelle que soit la valeur prédite, et que tous les résidus ont une distribution normale.

**En allant plus loin** : une prédiction de valeur serait utile à l'ARP dans l'optique de conseil aux éleveurs.

Tableau 14 Valeurs de prédictions de la densité par flore et par saison (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Saison 1	Saison 2	Saison 3
<b>Kikuyu</b>	293.97	236.11	185.94
<b>Mixte</b>	364.61	295.16	300.86

Les valeurs de prédiction obtenues à l'aide du modèle sont présentées ci-dessus, Tableau 14. Les valeurs de prédiction de densité du Kikuyu sont ici encore plus faibles que celles de la flore mixte et cette fois, la flore mixte semble avoir des valeurs de densité qui se stabilisent entre la saison 2 et 3. Au contraire, les valeurs de densité du Kikuyu ne font que décroître depuis la saison 1.

### 8.1.2 Les 8 fermes

Le suivi des 8 fermes par l'observatoire n'a pas débuté en même temps donc l'effet saison ne sera pas traité ici, car seul deux mois : Avril et Mai 2018, comptabilisent des données pour les 8 fermes. Le mois de juin est encore une fois écarté à cause du nombre de données qui est limité.

De même que précédemment, un modèle de régression linéaire simple est utilisé, le modèle 3 s'écrit :

$$D_{ij_1t} = \mu + \beta_{j_1}z_1 + u_t + \varepsilon_{ij_1t}$$

- avec  $D_{ij_1t}$  la densité de la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  de la variable  $z_1$  dans une parcelle  $t$
- $\mu$  l'intercept (moyenne générale dans la modalité de référence)
- $\beta_{j_1}$  la valeur du coefficient (effet fixe) pour les modalités  $j_1$
- $u_t$  la valeur du coefficient (effet aléatoire) pour la parcelle  $t$ , soit l'écart à la moyenne générale générée par la parcelle  $t$ .
- $\varepsilon_{ij_1t}$  la valeur du résidu pour la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  de la variable  $z_1$  dans une parcelle  $t$ .

Le modèle utilise le Kikuyu comme modalité de référence. Un test de Student peut être utilisé ici car l'espèce floristique est la seule variable testée et l'échantillon est de taille suffisante. Le résultat de l'analyse par le modèle est donné ci-dessous (Tableau 15):

Tableau 15 Résultat de l'analyse densité par le modèle linéaire 3 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Value	Standard Error	DF	t-value	p-value
<b>Moyenne observée de la modalité référence</b>	5.16	0.06	283	85.07	0.0
<b>Espèce (floristique)</b>	0.37	0.11	53	3.46	0.0011

L'analyse permet d'observer qu'il y a un effet de la flore (p-values significatives) sur la densité. Le diagnostic du modèle et l'analyse inter parcelle sont présentés dans [Annexe L](#). Encore une fois, les hypothèses inhérentes au modèle linéaire sont respectées.

**En allant plus loin** : les valeurs moyennes de densités prédites par le modèle sont données ici. La valeur moyenne de densité du kikuyu est donc ici aussi, plus faible que celle de la flore mixte : **Kikuyu** = 174.28 et **Mixte** = 252.97, en kg de Ms/ha/cm.

## 8.2 Croissance

La croissance a été calculée à partir du fichier Excel présenté dans la partie méthodologie. Les valeurs ont été ramenés à l'hectare et utilisés pour l'analyse. Comme expliqué dans la partie 6, le fichier Excel a été travaillé avant de pouvoir être utilisé ici. Afin de préparer l'analyse il est important de réaliser une exploration graphique des données pour observer de façon visuelle ce qu'il se passe pour chacune des 8 exploitations (voir Figure 24). Les traits rouges représentent les moyennes par mois.



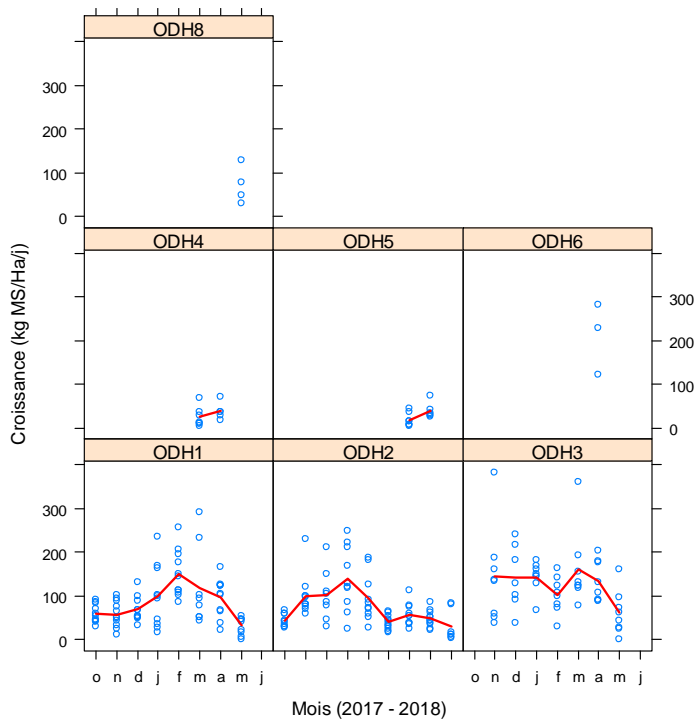


Figure 24 Graphique représentant l'évolution de la croissance dans les exploitations (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

L'exploration graphique ci-dessus permet de voir qu'ici aussi seules 3 exploitations sont suivies sur toutes les saisons : ODH1, ODH2 et ODH3. Cela signifie comme précédemment, que pour l'analyse des effets de la saison, de la zone géographique et de la flore, il faudra se focaliser sur les 3 seules fermes présentes à chaque saison et non sur la totalité du panel. Cela signifie également qu'il faudra enlever l'effet saison lors de l'étude des 8 exploitations. De plus, l'exploitation ODH7 n'est pas représenté sur les croissances ; cela est dû à un manque de valeur pour cette exploitation. Un graphique présentant les valeurs de façon similaires mais par parcelle d'exploitation a été réalisé (voir [Annexe M](#)).

De la même manière que pour l'analyse de la densité, le mois de juin sera enlevé car le nombre de données relevées est trop limité pour être pris en compte.

### Exploration graphique des trois fermes

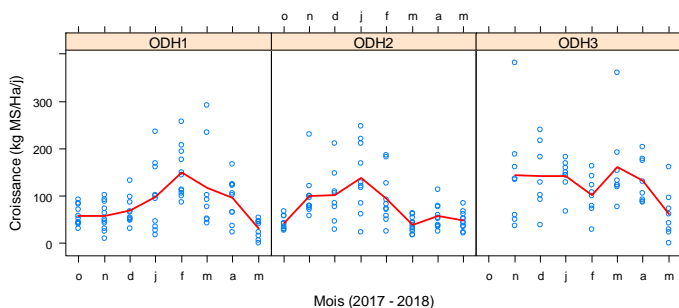


Figure 25 Graphique de l'évolution de la croissance sur les 3 fermes (SOURCES PERSONNELLE, 2018)

Le graphique ci-dessus (Figure 25) montre que l'exploitation 3 ne possède toujours pas de valeur sur le mois d'octobre, ce mois sera donc enlevé par la suite. Il est également important d'observer la différence d'évolution de la croissance entre les exploitations . ODH1 à la Plaine des Cafres possède un pic de croissance au mois de février puis la croissance diminue. Le pic est observé au mois de janvier pour ODH2 dans les Hauts de l'Ouest et un petit pic de croissance est visible en avril et en novembre ; mais globalement ODH1 et ODH2 possèdent des courbes d'évolutions de croissance similaires sur la

période d'étude Enfin, ODH3 possède un pic de croissance au mois de Mars et le mois de février est marqué par une diminution de croissance. L'écrêtage constaté dans l'évolution de la densité en ODH3 semble se retrouver également pour la croissance en ODH3. La variabilité inter-parcellaire qui existe dans chaque exploitation est également visible ici. En effet, pour chaque exploitation et pour chaque mois, les points des graphiques ne sont pas concentrés mais étalés.

En s'intéressant maintenant à la croissance pour chacune des parcelles des trois exploitations on obtient le graphique suivant (voir Figure 216):

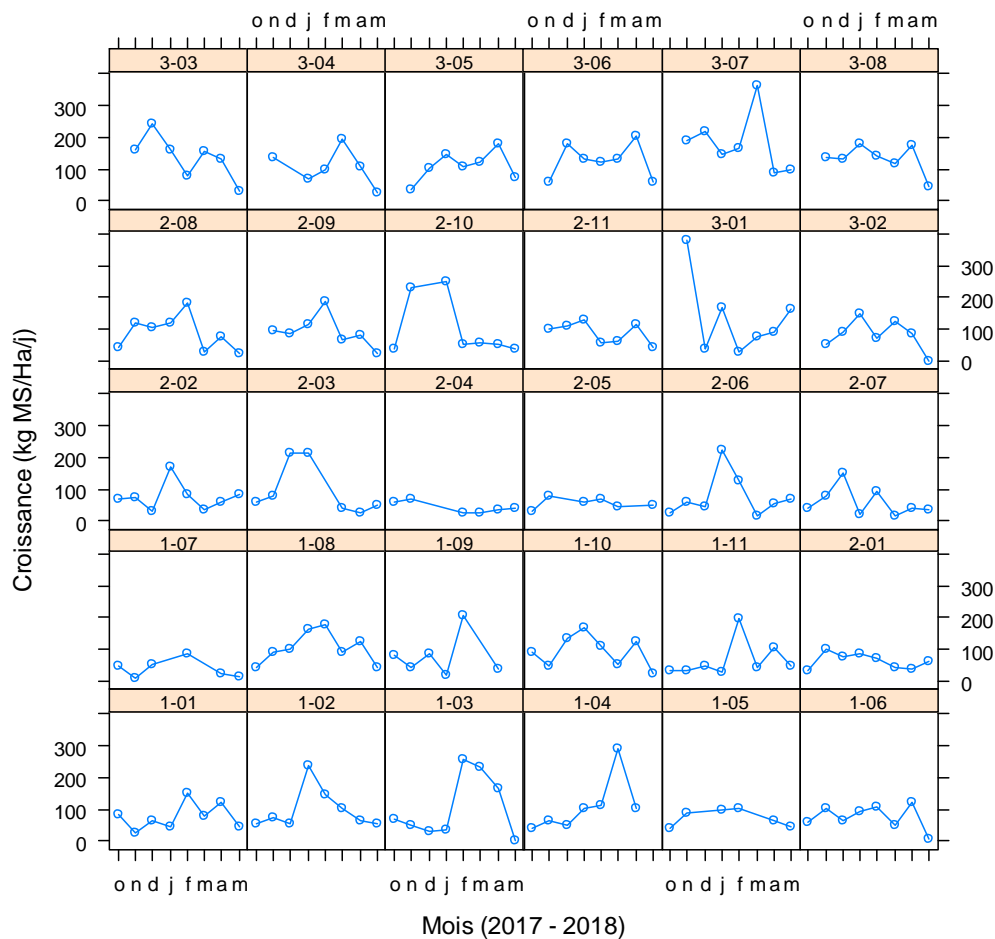


Figure 26 Graphique d'évolution de la croissance par parcelle d'exploitations (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Une grande variation de la croissance est observée ici. Certains panels de mesures sont tronqués. L'analyse exploratoire a permis de confirmer l'analyse qui suit car il semble que la croissance soit influencée par la saison.

### 8.2.1 Les trois fermes : interaction espèce – saison

Dans un premier temps, tout comme pour l'analyse de densité, l'analyse va porter sur l'influence de l'espèce et du mois sur la croissance.

Espèce – mois

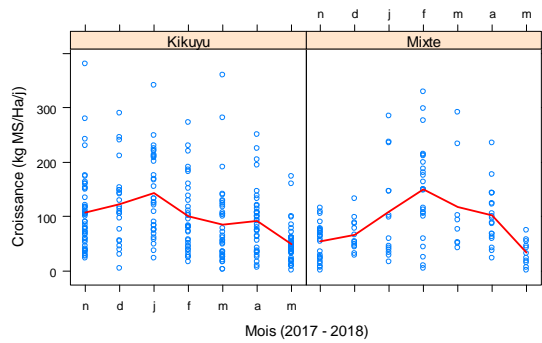


Figure 27 Graphique d'évolution de la croissance par mois et par flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

L'exploration graphique ci-dessus (Tableau 27), permet d'observer l'évolution de la croissance en fonction de l'espèce floristique et du mois de visite. Deux pics de croissance sont observables pour les deux flores : un est en avril et l'autre est en janvier pour la flore de type Kikuyu et février pour la flore Mixte. Une interaction est cependant observée ici car les évolutions sur les 7 mois sont différentes.

Le modèle qui est utilisé ensuite pour estimer les effets des variables explicatives espèces (Kikuyu et Mixte) et mois de visite (de novembre 2017 à mai 2018), est un modèle de régression classique : le modèle 4. Un effet aléatoire « parcelle » est ajouté à ce modèle pour estimer les écarts à la moyenne générale générés par chaque parcelle.

Le modèle s'écrit de la façon suivante (en considérant uniquement deux variables explicatives  $z_1$  et  $z_2$  avec interaction pour simplifier) :

$$C_{ij_1j_2t} = \mu + \beta_{j_1}z_1 + \beta_{j_2}z_2 + \gamma_{j_1j_2}z_1z_2 + u_t + \varepsilon_{ij_1j_2t}$$

avec  $C_{ij_1j_2t}$  la croissance de la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  et  $j_2$  des variables  $z_1$  et  $z_2$ , dans une parcelle  $t$

$\mu$  l'intercept (moyenne générale dans la modalité de référence)

$\beta_{j_1} \beta_{j_2}$  la valeur des coefficients (effet fixe) pour les modalités  $j_1$  et  $j_2$

$\gamma_{j_1j_2}$  le coefficient de l'interaction entre les modalités  $j_1$  et  $j_2$  des variables  $z_1$  et  $z_2$

$u_t$  la valeur du coefficient (effet aléatoire) pour la parcelle  $t$ , soit l'écart à la moyenne générale généré par la parcelle  $t$ .

$\varepsilon_{ij_1j_2t}$  la valeur du résidu pour la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  et  $j_2$  des variables  $z_1$  et  $z_2$ , dans une parcelle  $t$ .

Les modalités de références pour utiliser ce modèle sont : le Kikuyu pour l'espèce et le mois de novembre pour le mois, comme pour la densité. Un test de Fisher va permettre de réaliser cette comparaison multiple, sachant que l'échantillon suivi n'est pas de grande taille, mais que ce dernier est normalisé. Ainsi, la flore mixte sera comparée au kikuyu et les autres mois au pourront être comparés au mois de Novembre. Le modèle permet d'obtenir le tableau ci-dessous Dans ce tableau, la **Moyenne observée de la modalité référence** représente le logarithme de la densité du Kikuyu au mois de novembre, l'Espèce (**floristique**) représente le logarithme de la densité de la flore mixte, la **Visite (mois)** représente le mois de visite de relevé de mesures et l'Espèce : **visite**, représente l'interaction entre les deux.

Tableau 116).

Tableau 16 Résultat du modèle 4 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Num DF	Den DF	F-value	p-value
<b>Moyenne observée de la modalité référence</b>	1	330	1605.09	<.0001
<b>Espèce (flore)</b>	1	28	21.09	1e-04
<b>Visite (mois)</b>	6	330	9.81	<.0001
<b>Espèce : visite</b>	6	330	4.32	3e-04

Le tableau permet d’observer que l’espèce floristique présente un effet sur la croissance (p-value inférieur à 0.001). Il en va de même pour le mois sur lequel a été pris les données, ainsi que pour l’interaction espèce – mois (p-values significatives).

Le diagnostic du modèle est disponible [Annexe M](#). Les hypothèses inhérentes au modèle linéaire sont ici aussi respectées.

**En allant plus loin** : une prédiction de valeur serait utile à l’ARP dans l’optique de conseil aux éleveurs.

Tableau 17 Valeur de prédiction de la densité en fonction de la flore et des mois (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>Kikuyu</b>	86.59	91.54	70.56	116.48	76.78	56.86	38.37
<b>Mixte</b>	39.17	60.14	72.04	112.42	88.02	85.77	21.73

Le tableau ci-dessus Tableau 17, permet de montrer les évolutions différentes de ces espèces végétales sur les valeurs de prédictions par mois. Les deux flores possèdent des croissances de prédictions différentes et qui évoluent différemment au cours des mois. La flore mixte possède une croissance qui augmente jusqu’en février, puis elle décline ; alors que le kikuyu va observer des oscillations entre les mois avec une croissance qui augmente, puis diminue, puis augmente à nouveau, etc.

#### Espèce – saisons

Le graphique ci-dessous (voir Figure 28) a été réalisé, à l’image de ce qui a été fait pour l’interaction espèce - mois. Il permet de montrer qu’une interaction est bien présente ici car les évolutions de la croissance sur les 3 saisons est différente entre les deux flores. Bien que ces deux couverts aient une croissance en augmentation entre la saison 1 et 2 et en diminution entre la saison 2 et 3, lorsque l’augmentation est forte pour la flore mixte, elle est présente plus faiblement pour le kikuyu et inversement.

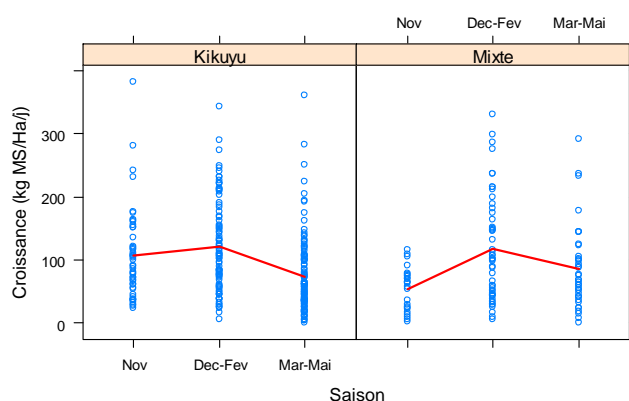


Figure 28 Graphique de l’évolution de la croissance en fonction de la saison et de la flore (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

Le modèle utilisé pour l'analyse (modèle 5), est le même que celui décrit précédemment, à la différence près, du remplacement des mois par les saisons. Et ses modalités de références sont les mêmes : le Kikuyu et la saison 1. Un test de Fisher est également utilisé ici pour les mêmes raisons que celles énoncées plus haut et les résultats de l'analyse sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 18 Résultats de l'analyse 5 croissance (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Num DF	Den DF	F-value	p-value
<b>Moyenne observée de la modalité référence</b>	1	338	1661.44	<.0001
<b>Espèce (flore)</b>	1	28	21.78	<.0001
<b>Saison</b>	2	338	14.51	<.0001
<b>Espèce : saison</b>	2	338	4.84	0.0085

Il y a ici un effet de l'espèce, de la saison et de l'interaction des deux sur la croissance car toutes les p-values sont significatives. Encore une fois, le diagnostic du modèle est disponible, ainsi que la valorisation inter parcelle (voir [Annexe O](#)). Il est ici aussi respectueux des hypothèses inhérentes au modèle linéaire.

**En allant plus loin** : une prédiction de valeur serait utile à l'ARP dans l'optique de conseil aux éleveurs.

Tableau 19 Valeur de prédiction du modèle 5 croissance (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

	Saison 1	Saison 2	Saison 3
<b>Kikuyu</b>	86.65	93.30	52.45
<b>Mixte</b>	39.13	84.58	58.24

Les valeurs de prédiction de la croissance obtenues à l'aide du modèle sont présentées ci-dessus Tableau 19.

A l'opposé de ce qui était observé pour la densité lors de l'analyse espèce – saison, les valeurs de croissances du Kikuyu sont plus élevées que celles de la flore mixte. Et leur variation de croissance sont différentes. Bien que ces deux couverts aient une croissance de plus en plus forte entre la saison 1 et 2 et de moins en moins forte entre la saison 2 et 3, lorsque l'augmentation est forte pour la flore mixte, elle est présente plus faiblement pour le kikuyu et inversement.

### 8.2.2 Les 8 fermes

Tout comme pour la densité, l'effet saison est écarté et le mois de juin aussi. Le modèle de régression linéaire utilisé ici (modèle 6) s'écrit :

$$C_{ij_1t} = \mu + \beta_{j_1} z_1 + u_t + \varepsilon_{ij_1t}$$

avec  $C_{ij_1t}$  la densité de la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  de la variable  $z_1$  dans une parcelle  $t$

$\mu$  l'intercept (moyenne générale dans la modalité de référence)

$\beta_{j_1}$  la valeur du coefficient (effet fixe) pour les modalités  $j_1$

$u_t$  la valeur du coefficient (effet aléatoire) pour la parcelle  $t$ , soit l'écart à la moyenne générale générée par la parcelle  $t$ .

$\varepsilon_{ij_1t}$  la valeur du résidu pour la mesure  $i$ , dans les modalités  $j_1$  de la variable  $z_1$  dans une parcelle  $t$ .

Le modèle utilise le Kikuyu comme modalité de référence et un test de Student est utilisé ici car l'échantillon est de plus grande taille, il est toujours normalisé et seule l'espèce est testée. Le résultat de l'analyse par le modèle est donné ci-dessous (Tableau 20) :

*Tableau 20 Résultat de l'analyse croissance par le modèle linéaire 6 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)*

	Value	Standard Error	DF	t-value	p-value
<b>Moyenne observée de la modalité référence</b>	3.58	0.12	109	30.28	0.0
<b>Espèce (flore)</b>	0.53	0.24	47	2.15	0.04

L'analyse permet d'observer qu'il y a un effet de la flore (p-values significatives) sur la croissance : la différence entre espèces est significative (p-values significatives) Le diagnostic du modèle et l'analyse inter parcelles sont présentés dans [Annexe P](#). Encore une fois, les hypothèses inhérentes au modèle linéaire sont respectées : variance constante et distribution normale des résidus.

**En allant plus loin** : les valeurs moyennes de croissance prédites par le modèle sont : **Kikuyu** = 35.93 et **Mixte** = 61.07, en kg de MS/ha/j.

## 9. Discussion

### 9.1 La méthode

#### Le panel des fermes de l'observatoire

Le stage de 2018 devait commencer avec un panel de 9 fermes pour permettre au stagiaire de démarrer directement le suivi et la récolte des données. La prospection des fermes n'a finalement pas été réalisée par les organismes encadrants avant le début du stage. Le stagiaire avec l'aide de ces organismes l'a fait en début de stage, ce qui a entraîné un retard de 3 mois sur la récolte des données.

#### Les fermes de l'observatoire

Les élevages de l'observatoire ont été choisis pour être représentatifs des élevages pratiquant le pâturage à la Réunion. Les informations sur le type de flore des élevages pratiquant le pâturage sur l'île ont été obtenues à dire d'expert car aucun document n'existe sur ce sujet. Une ferme de l'observatoire possède un diagnostic floristique de ses pâtures sur une saison. Il serait intéressant pour pouvoir extrapoler les données obtenues sur les autres fermes réunionnaises que le diagnostic floristique soit conduit sur l'ensemble des fermes de l'observatoire et sur l'ensemble des saisons. De plus l'observatoire possède une seule ferme laitière. Le nombre de fermes laitières est inférieur au nombre de fermes allaitantes : 85 élevages laitiers pour 630 élevages allaitants (ODEADOM, 2016; ODEADOM, 2012b). Il serait intéressant de d'essayer d'augmenter le nombre de fermes laitières suivies par l'observatoire pour être plus représentatif du pâturage dans ses fermes et pour se rapprocher ces proportions réelles .

#### Le protocole

Le suivi des fermes de l'observatoire pendant le stage a permis de mettre en avant plusieurs erreurs de protocole. Le protocole utilisé ici est une adaptation du protocole RMT Prairies de Demain, de métropole.

La première erreur concerne l'herbomètre, avec son unité qui est : un clic = 0.5 cm. L'erreur qui a été faite est de laisser les résultats dans l'unité de l'herbomètre et non en cm. Les mesures ont été rentrées dans le carnet de suivi et dans la base de données Excel en clic. L'écriture en cm est marquée dans le protocole de RMT Prairies de Demain car que les indicateurs qui y sont calculés sont en cm (SELLAM, SAINT-LOUBOUÉ, 2016; INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2016). De plus les éleveurs de l'observatoire ont eu leurs résultats dans une mauvaise unité, cela va fausser la perception qu'ils ont des données de leurs pâtures. La remise de tous les résultats en cm dans la base de données est une manipulation qui peut être également source d'erreur. Il faudra donc que le calcul pour obtenir les résultats de l'herbomètre en cm soit rajouté dans le protocole réunionnais et que seuls les résultats en cm soient enregistrés dans les documents, pour éviter tout problèmes futurs.

La seconde erreur concerne la remise à 0 des pâtures en termes de hauteur d'herbe mesurée, lorsque les animaux ont pâturé la semaine passée sur cette parcelle. Ainsi, une parcelle qui était en pâturage la semaine passée ne sera pas mesurée la semaine suivante car elle est remise à zéro. Le protocole RMT Prairies de Demain mentionne également cela (SELLAM, SAINT-LOUBOUÉ, 2016; INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2016). Cela n'a pas été écrit dans le protocole réunionnais et a été source d'erreur pour l'analyse des résultats. Il faudra donc que cela soit rajouté au protocole, pour éviter tout problèmes futurs.



### Le matériel : l'herbomètre

L'herbomètre Jenquip est le principal outil utilisé ici. Il est constitué d'un plateau qui coulisse le long d'un axe gradué (comme décrit précédemment dans la partie 6). Le poids de son plateau entraîne une compression de l'herbe et cette dernière dépend de la densité de l'herbe, de sa résistance à la compression et du poids du plateau. Cela constitue donc des biais de mesures.

L'herbe réunionnaise est constituée d'espèces tempérées et de Kikuyu. Les tempérés ont été testés avec l'herbomètre et cela a permis de montrer qu'au-delà d'une hauteur de 17 cm, l'herbe se couche et cela fausse ses résultats (MATHIEU et FIORELLI, 1985). Aucun travail n'a été effectué sur le Kikuyu et la fiabilité d'utiliser l'herbomètre pour donner des mesures de hauteurs de cette plante. Cela est d'autant plus vrai que les prairies de pâturages réunionnaises sont majoritairement pâturées avec de l'herbe haute : herbe au genou ou plus haute.

Un autre biais de mesure de cet outil est l'utilisateur car ce dernier a un lien direct avec la pression émise sur l'outil et donc sur le poids du plateau. Le manipulateur doit donc être le même sur chaque parcelle de chaque ferme suivie (AIKEN et BRANSBY, 1992). A la Réunion, pour capitaliser le plus de données, lorsqu'un manipulateur est absent, il est remplacé par un collègue.

Il pourrait être intéressant d'étudier les biais de mesure de l'herbomètre sur une herbe majoritairement composée de Kikuyu ou de flore mixte : regarder l'écart entre une herbe de 20 cm et les valeurs obtenues par l'herbomètre. De même, une étude de l'impact des différents manipulateurs pourrait être réalisée : une même zone de parcelle mesurée par tous les manipulateurs. Les différences entre les résultats serviront à lisser les futurs suivis des manipulateurs.

L'herbomètre reste l'outil utilisé ici car il est fiable, il y a une antériorité d'utilisation et il reste moins cher qu'un drone ou que le NDVI. L'avancé de ces nouvelles techniques pourront peut-être remettre en cause dans le futur son utilisation.

## 9.2 Les livrables techniques

Les livrables techniques de choix d'indicateurs et de bulletins ont été réalisés à partir d'une synthèse bibliographique. Elles regroupent tout ce qui existe en France métropolitaine. Ils ont été corrélés aux attentes des différents acteurs et discutés auprès des organismes encadrants le projet de l'observatoire (l'ARP et le CIRAD). Les différentes discussions autour de ces livrables ont globalement été exprimées dans la partie 7. En effet, leur présentation et la méthodologie employées sont décrites dans cette partie. Le choix a donc été fait ici de ne pas revenir sur ces points dans la discussion.

## 9.3 Les résultats d'analyse

L'hypothèse de départ portait sur l'influence de la zone géographique, de la saison et de la flore, sur les valeurs de densité et de croissance à la Réunion. L'hypothèse de départ a été vérifiée puisque les tests statistiques ont montré une influence de la saison, de la flore, de l'interaction entre ces deux paramètres sur la croissance et la densité. La zone géographique n'a pas été traitée ici par manque de temps et de données ; par conséquent aucune conclusion ne peut être faite à ce sujet.

### Densité

L'influence de la saison, de la flore et de l'interaction flore - saison sur la densité a été vérifiée par l'analyse.

Cette dernière a également montré graphiquement uniquement, que les valeurs de densité à la Plaine des Cafres sont plus élevées que celles observées dans les deux autres zones géographiques. Une étude dans le nord de la France a déjà fait état de la géographie comme facteur influençant la densité (DEFRANCE *et al.*, 2004). Il faudrait donc tester l'influence de la zone géographique sur les valeurs de densité ici à la Réunion pour savoir si les résultats obtenus sont similaires à ceux de l'étude. Pour l'instant, comme aucune analyse a été faite ici, rien ne peut être conclu de cette information visuelle.

L'influence de la saison et de l'espèce sur la densité est réelle et a été prouvée par analyse. En effet, les résultats montrent que le kikuyu possède des valeurs de densité moins importantes que celles de la flore mixte. Sur la période observée les valeurs de densité sont de 181,22 à 295,87 kg de MS/ha/cm pour le kikuyu et de 230,60 à 445,26 kg de MS/ha/cm pour la flore mixte. De plus, ces deux flores observent des évolutions différentes. En effet, de la saison 1 à la saison 3, les valeurs de densité du kikuyu diminuent ; alors que les valeurs de densité diminuent entre la saison 1 et 2 pour la flore mixte mais augmentent ensuite.

Ces résultats sont corrects pour ces deux plantes et ont déjà été observés (MEARS, 1970; DEFRANCE *et al.*, 2004). Une étude a été réalisée dans des prairies métropolitaines et traite de cette influence. En effet, en fonction de la région : Bretagne ou Basse Normandie, et de la nature de la flore (ray-grass anglais, ray-grass anglais + trèfle blanc, ou prairie naturelle), la valeur de la densité change. Ainsi pour une même flore par exemple le ray-grass anglais associé au trèfle blanc, sa densité est de 209 kg de MS/ha/cm en Bretagne et de 293 kg de MS/ha/cm en Basse Normandie (DEFRANCE *et al.*, 2004). Et sur une même zone géographique : la Bretagne le ray-grass anglais a une densité de 238 kg de MS/ha/cm et le ray-grass anglais associé au trèfle blanc à une densité de 209 kg de MS/ha/cm. Le mois et donc la saison est le facteur prépondérant expliquant les variations de densité. Les densités sont les plus faibles lorsque la croissance de l'herbe et aussi la teneur en eau sont les plus fortes et inversement.

Il existe de nombreux autres facteurs qui influencent la densité, comme les facteurs de croissance liés au milieu et intervenant dans la fabrication de la matière sèche par la plante : le soleil, l'eau, les minéraux et la température. Une plante de type photosynthétique C4 comme le kikuyu, va par sa particularité physiologique limiter sa photorespiration, responsable notamment de la fixation d'azote. L'azote est un constituant important du développement de la plante, le kikuyu sera donc désavantagé par rapport à une autre plante de type photosynthétique C3. Cependant, à cause de cette même particularité, le kikuyu sera plus résistant aux fortes chaleurs que les plantes en C3 (Hassani 1995).

Ces deux études coïncident avec les résultats obtenus ici : les mois et la saison, de même que le type de flore, influencent les valeurs de densité .

### Croissance

L'influence de la saison, de la flore et de l'interaction flore - saison sur la croissance, a été vérifiée par l'analyse ci-dessus. En effet, les résultats d'analyse montrent des valeurs de croissance pour le Kikuyu globalement supérieures à celles observées pour la flore mixte. Sur la période de l'étude, les valeurs de croissance pour le Kikuyu vont de 38,37 à 116,48 kg de MS/ha/j, alors pour la flore mixte, les valeurs de croissances se situent entre 21,73 et 112,42 kg de MS/ha/j. Ces deux flores observent néanmoins une évolution similaire avec un pic de croissance observée à la saison 2 (saison allant de décembre à février). Cette saison fait partie de la saison chaude. Elle est marquée à la Réunion par des températures élevées et une pluviométrie importante (voir [Annexe Q](#)) :

- Décembre : 21°C en moyenne et 136 mm de pluie.
- Janvier : 22°C en moyenne et 209 mm de pluie.
- Février : 22°C en moyenne et 200 mm de pluie.

Cela a déjà été observé en milieu insulaire pratiquant le pâturage : en Nouvelle Zélande. En effet, le kikuyu connaît là-bas une croissance importante et supérieure à celle des plantes tempérées en été (de décembre à février) et début d'automne (l'automne correspond aux mois de mars à mai)(MAF, s. d.; NEW ZEALAND GOVERNMENT, 2010), voir Annexe R, Figure 64.

Cette période est également connue en Nouvelle Zélande, pour ses températures chaudes, mais connaît contrairement à la Réunion une pluviométrie faible :

- Décembre : de 18 à 20°C de moyenne et 80 mm de pluie.
- Janvier : de 18 à 20°C de moyenne et 90 mm de pluie.
- Février : de 18 à 20°C de moyenne et 70 mm de pluie (MACARA, 2014).

Un des éléments pouvant expliquer ce phénomène vient de la plus grande sensibilité des plantes comme le Ray-grass à la chaleur. En effet, le Ray-grass comme beaucoup de plantes tempérées présentes dans les prairies de pâturage, est une plante avec une photosynthèse de type C3, alors que le kikuyu est une plante avec une photosynthèse de type C4. Cela a son importance car le type de photosynthèse C4 résiste mieux aux sécheresses, aux températures chaudes et a une meilleure gestion hydrique que les plantes en C3 (MARAIS, s.d.). Ainsi leur croissance est moins impactée que les plantes en C3, par les températures élevées et les évolutions hydriques.

Les résultats obtenus pour la croissance et la densité sont les premiers résultats de ce genre à la Réunion. L'influence du mois, de la saison et de la flore sur les valeurs de densité et de croissance doit être analysé et testé de nouveau sur un an par exemple, afin vérifier les conclusions obtenues ici et être plus précis.

## Conclusion

L'étude a permis de réaliser la première analyse de l'observatoire de la pousse de l'herbe à la Réunion et de ces données. La prospection d'autres fermes et la capitalisation des données récoltées sur le terrain ont permis d'amener à un premier point sur l'observatoire, après 8 mois d'installation. Ce dernier a permis de prioriser la valorisation du système de l'observatoire et de ces données récoltées. Ainsi que d'orienter la première analyse de données, vers un test d'influence de trois facteurs : la zone géographique, la saison et la flore, sur les valeurs de densité en kg de MS/ha/cm et de croissance en kg de MS/ha/j, deux indicateurs de la dynamique de la pousse de l'herbe obtenus à partir des données brutes récoltées.

Le résultat de la valorisation du système et de ces données a amené à la création de livrables techniques (choix et calculs des indicateurs, bulletin de la pousse de l'herbe, etc.) et à la transposition de la base de données. Concernant la première analyse des données, les résultats attestent d'une influence de la saison, de la flore, et d'une influence de leur interaction sur les valeurs de densité et de croissance obtenues. Ces résultats sont conformes aux travaux de recherche scientifiques qui existent dans la littérature. De plus, ils représentent les premiers résultats sur la dynamique de la pousse de l'herbe réunionnaise. Leur intérêt est important dans la capitalisation de connaissance à ce sujet, mais également pour le conseil en gestion de pâturage qui pourra être fait à partir de ses résultats, ainsi que pour la création d'une future table de référence.

La première analyse des données a été obtenue avec peu de données. Une confrontation aux données ultérieures, lorsque l'observatoire aura une année entière de capitalisation de données pour toutes les fermes, pourrait être utile pour voir si la tendance qu'il y a actuellement se confirme. De plus, il faudrait pouvoir tester l'influence de la zone géographique sur la densité et la croissance, car il n'a pas été possible de le faire ici et il serait intéressant de voir si les résultats concordent avec ceux disponibles dans les travaux de recherche scientifiques qui existent. Enfin, cette première analyse a amené des améliorations à apporter au protocole de l'observatoire existant qui ont été énoncés dans la partie précédente et elle a amené au questionnement de l'herbomètre. Cet outil est très utilisé dans les observatoires mais possède des biais de mesures notamment liés aux hauteurs d'herbe. Aux vues des problèmes techniques rencontrés sur le terrain, il pourrait être utile de s'intéresser à la calibration de cet outil pour obtenir des valeurs plus précises et limiter les erreurs liées aux biais de l'herbomètre.

## Références bibliographiques

- AGRESTE**, 2011. Produits agroalimentaires. p.117-122.
- ARChE\_Net**, 2018. Projet ECLIPSE [en ligne]. Date de consultation : 08/08/2018. Disponible sur : < <http://www.arche-net.org/>>.
- ARCHIMEDE et al.**, 2009. Fourrages tropicaux : valeur alimentaire comparée aux fourrages tempérés et évaluation au pâturage. *Renc. Rech. Ruminants*. p.17-24.
- ARP**, 2018. ARP[en ligne]. Date de consultation : 12/02/2018. Disponible sur : < <https://arp.re>>
- ARP**, 2017. Demande de financement ODEADOM pour la réalisation d'une étude économique sur la mise en place d'une filière fourrage.
- ARP**, 2018. Projet ECLIPSE - Protocole observatoire de la pousse de l'herbe. p.1-4.
- BARBET-MASSIN, V.** et al., 2004. Guide technique pour la création, la gestion et la valorisation des prairies à La Réunion. 99 p.
- BATTEGAY**, 2015a. Journées techniques 1 ères biennales Recueil des communications.
- BATTEGAY**, 2015b. Mettre en place , suivre et valoriser un observatoire de la pousse de l'herbe. *arvalis*.
- BELLOT**, Bien conduire le pâturage pour optimiser la valorisation de l'herbe. *IDELE*. p.1-20.
- BRL INGENIERIE**, 2016. Etude Prospective sur la Ressource Fourragère. 87 p.
- CHISCI G, H.G.**, Détermination de la charge optimale à l'aide du contrôle de croissance de l'herbe. 14p.
- CIRAD**, 2018a. Notre Histoire [en ligne]. Date de consultation : 18/04/2018. Disponible sur : < <https://www.cirad.fr/>>
- CIRAD**, 2015. Plateforme PReRAD : cinq grand projets identifiés [en ligne]. Date de consultation : 03/05/2018. Disponible sur : < <https://reunion-mayotte.cirad.fr>>.
- CIRAD**, 2018b. Qui sommes nous [en ligne]. Date de consultation : 10/06/2018. Disponible sur : < <https://www.cirad.fr/qui-sommes-nous/le-cirad-en-bref>>.
- DAAF**, 2015. D A A F La R é u n i o n. La production de viande bovine à La Réunion.
- 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 Contribution to a better knowledge of sward density , a parameter useful to calculate grass growth, p.291-294.
- DELABY L**, 2014. L ' élevage bovin à La Réunion Des ambitions à conforter. 29p.
- DELABY L, DUBIEF F, CASSEZ M, BELOT P.E, FREREJEAN L, K.M.**, 2010. En Franche Comté , mieux connaître la croissance de l' herbe pour mieux gérer le pâturage In the Franche Comté , a better grass growth profile knowledge to improve grazing management, n°1, p.2010.
- DUGMORE & TOIT**, 1986. Short Communications / Kort Mededelings The chemical composition and nutritive value of kikuyu pasture.
- FEHMI, J.S. & STEVENS, J.M.**, 2009. A plate meter inadequately estimated herbage mass in a semi-arid grassland. *Grass and Forage Science*, volume 64, n°3, p.322-327.
- G.BENOIT, M-L.MADIGNIER, L.D.**, 2005. La France et ses campagnes 2025-2050 Regards croisés filières et territoires. p.1-27.

**GRIMAUD, P., MICHON, A. & THOMAS, P.,** 2005. Guide technique pour la création , la gestion et la valorisation des prairies à la Réunion.97p.

**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 Le contexte \* Un milieu très varié. p.1-11.

**HASSANI,** 1995. Croissance et développement des plantes cultivées. *Agronomie moderne*, III, p.192.

**INSTITUT DE L'ELEVAGE,** 2016. Investes : Les systèmes bovins viande en Normandie.

**INSTITUT DE L'ELEVAGE,** 2015. Repères techniques et économiques en élevage laitier.

**LABELLE,** 2014. L' herbomètre , pour maximiser les bienfaits du pâturage ! , p.28-29.

**MACADAM, J.W. & HUNT, S.R.,** Using a Rising Plate Meter to Determine Paddock Size for Rotational Grazing.

**MACARA, G.R.,** 2014. The Climate and Weather of Canterbury. *NIWA Science and Technology Series*, n°68, Date de consultation : 03/05/2018. Disponible sur : < <http://www.nrc.govt.nz/>>

**MAF,** Kikuyu-Dominant and Ryegrass Pasture Compared.

**MALTERRE, C. ET AL.,** 1989. Engraissement des vaches.

**MANDRET, G.,** 2000. *L' élevage bovin à la Réunion. Synthèse de 15 ans de recherche,*

**MARAIS,** Factor affecting the nutritive value of kikuyu grass.

**MATHIEU, A. & 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*, volume 105, p.3-29.

**MEARS,** 1970. Kikuyu (*Pennisetum Clandestinum*) as a pasture grass-Review. p.139-152.

**MOSIMANN.E,** Pâturages pour vaches laitières.p.281-286.

**NEW ZEALAND GOVERNMENT,** 2010. A Northland beef farm Key points [en ligne]. Date de consultation : 27/07/2018. Disponible sur : < [www.maf.govt.nz](http://www.maf.govt.nz)>

**ODEADOM,** 2012a. Referentiel bovin lait ile de la reunion.

**ODEADOM,** 2012b. Referentiel bovin viande ile de la reunion.

**ODEADOM,** 2016. Référentiel technico-économique-SYSTÈMES BOVINS- LAIT-Conjoncture 2016.

**PIN, L.,** 2016. Les herbomètres en provenance de Nouvelle Zélande sont-ils compatibles avec les références françaises ? Are the New Zealand plate meters compatible with the French references ? , volume 9, n°1, 35590p.

**RAUNET, M.,** 1991. Le Milieu Physique Et Les Sols De L'île De La Réunion - Conséquences pour la mise en valeur agricole. p.515.

**RAYBURN, E.B.,** 2015. A Standardized Plate Meter for Estimating Pasture Mass in On-Farm Research Trials.

**RESEAUX DE REFERENCES EN ELEVAGE,** 2016. Cas-type CTO Naisseur engraisseurs.p.1-6.

**RESEAUX DE REFERENCES EN ELEVAGE,** 2017. SYSTÈMES BOVINS-VIANDE. *Réseaux de références en élevage.*

**RITA,** 2016. RITA Réunion [en ligne]. Date de consultation : 04/05/2018. Disponible sur : < <https://coatis.rita-dom.fr/reunion/>>

**SELLAM, M. & SAINT-LOUBOUE, D., 2016. RMT Prairies Demain, p.1-25.**



## Annexe

### A - Les aides : élevages bovins laitiers

Prime à l'abattage	
Catégorie	Montant
Veaux de 1 mois à 8 mois d'âge	60 €
Gros bovins à partir de 8 mois d'âge	130 €

Figure 29 Prime à l'abattage issue de l'aide POSEI, (ODEADOM, 2016)

Complément Réunion pour les gros bovins	
Catégorie	Montant
Tranche A : 220 – 270 kg carcasses	80 €
Tranche B : 271 – 320 kg carcasses	130 €
Tranche C : plus de 320 kg carcasses	170 €

Figure 30 Complément Réunion pour les gros bovins, issue de l'aide POSEI (ODEADOM, 2016)

Montant payé en fonction de la zone et du chargement		
Zone	Chargement (UGB/ha)	Prime payée
Montagne + Piémont	0,01 à 0,29	Non éligible
Montagne + Piémont	0,30 à 2,5	100 %
Montagne + Piémont	2,51 à 3,50	90 %
Montagne + Piémont	3,51 à 4,00	70 %
Montagne	Au-delà de 4,01	30 €/ha
Piémont	Au-delà de 4,01	Non éligible

Figure 31 Montant payé en fonction de la zone et du chargement issue de l'aide POSEI (ODEADOM, 2016)

Mesures Agro – Environnementales	
Catégorie	Montant
Mesures Herbagères Agro-environnementales (MHAE)	220 €/ha

Figure 32 Mesures Agro-Environnementales issues de l'aide POSEI (ODEADOM, 2016)

B - Les aides : élevages bovins allaitants

ICHN		2012	
		Zone de montagne €/ha	
Chargement (UGB/ha)	% de prime payée	0 – 25 ha	26 – 50 ha
0,10 à 0,50	70 %	224,91	149,94
0,51 à 1,00	90 %	289,17	192,78
1,01 à 2,50	100 %	321,30	214,20
2,51 à 3,50	90 %	289,17	192,78
3,51 à 4	70 %	224,91	149,94

Figure 33 La prime d'ICHN dans les zones de montagne Réunion (ODEADOM, 2012)

## C - Le projet ECLIPSE



Figure 34 Répartition des 31 partenaires du projet ECLIPSE (ARCHE NET, 2018)

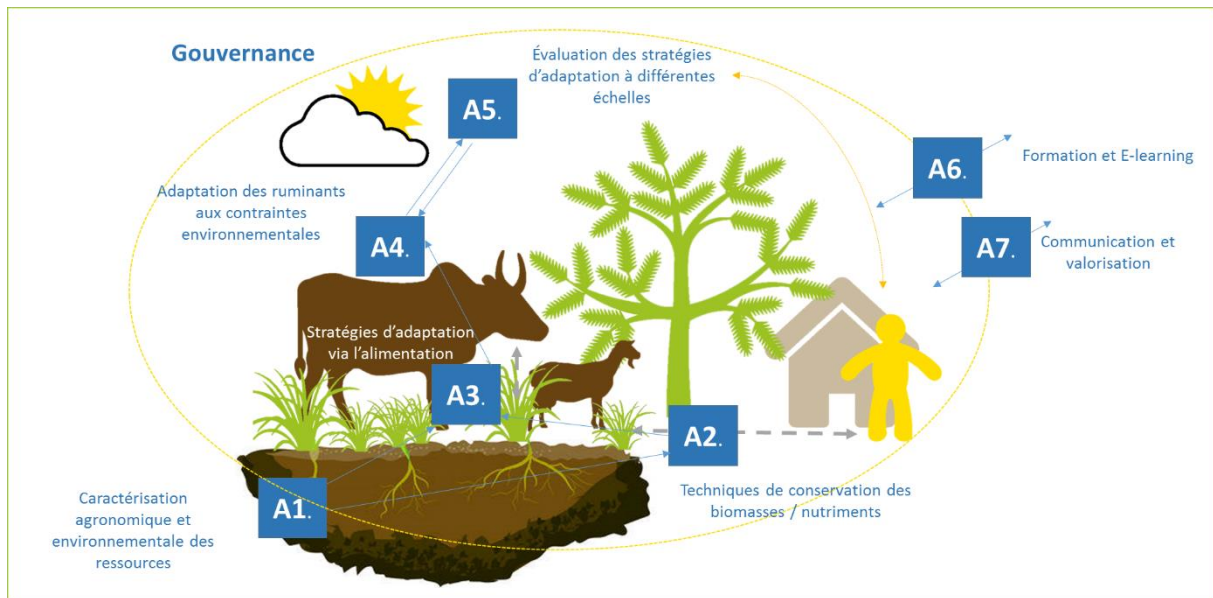


Figure 35 Actions du projet ECLIPSE (CIRAD, 2018)

## D - Indicateurs utilisés dans les observatoires de la pousse de l'herbe

Tableau 21 Les indicateurs utilisés dans les observatoires de la pousse de l'herbe et leurs répartitions en fonction des régions (COGRANNE, 2018)

Observatoire	Nombre de ferme	$\Sigma$ Temp	Kg de MS/ha/j	Courbe Croissance	Hauteur	Pluviométrie	Stock d'herbe	Jour d'avance	Besoin en herbe selon la charge et	Valeurs alimentaires	Herbe par vache selon charagement et	Cumul d'herbe	Couverture besoin	ETP	Exemple ferme lait	Besoin surface selon	Couverture besoin
Allier	2	1		1													
Ardèche	3	1															
Calvados	7	1	1	1	1	1	1	1					1				
Drôme	5	1	1	1	1	1				1				1			
Franche-Comté	23		1	1											1		
Isère	3	1	1	1	1	1	1	1		1							
Loire-Atlantique	13		1	1	1	1	1	1									
Loire	9	1	1	1													
Lorraine	13	1			1												
Lot	8	1															
Normandie	28		1		1	1			1		1						
Orne	8		1	1	1		1	1	1		1	1				1	
Picardie	10	1			1												
Poitou-Charente	11	1	1	1	1												1
Rhône	5	1	1	1					1								
Moyenne	10	73%	67%	67%	60%	33%	27%	27%	20%	13%	13%	7%	7%	7%	7%	7%	7%

## E - Les parcellaires des éleveurs des Hauts de l'OUEST

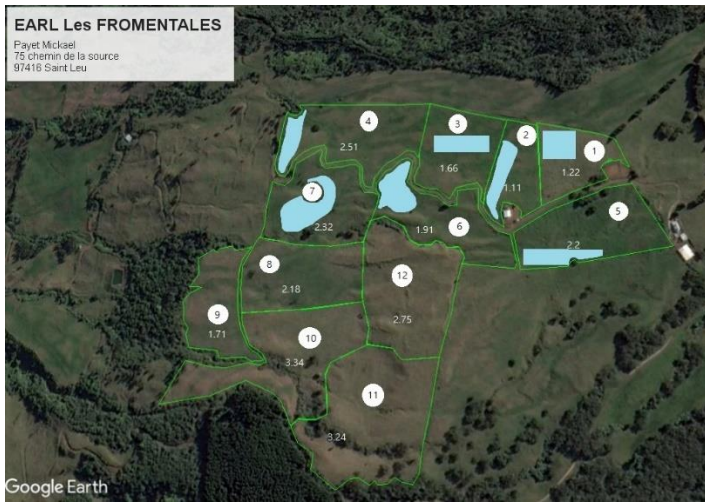


Figure 36 Le parcellaire de Mr PAYET avec en bleu les zones de mesure du suivi (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

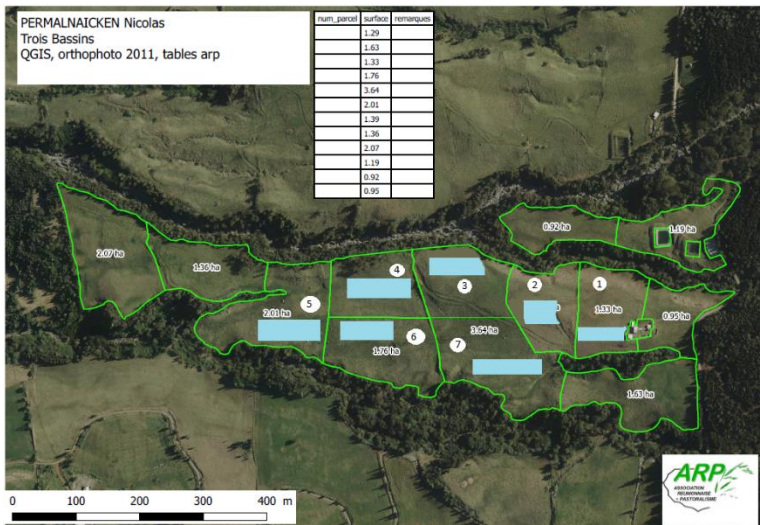


Figure 37 Parcellaire de N. Permalnaïken, en bleu les zones de mesures (ARP, 2018)



Figure 38 Le parcellaire de Mr HOARAU avec en bleu les zones de mesure de suivi (SOURCE PERSONNELLE, 2018)



## F - Les parcellaires des éleveurs de la Plaine des Cafres



Figure 39 Le parcellaire de Mr Picard (ARP,2018)



Figure 40 Le parcellaire de Mr TECHER (SOURCE PERSONNELLE, 2018))



Figure 41 Le parcellaire de Mr RENNEVILLE (ARP, 2018)

## G - Les parcelles des éleveurs des Hauts de Saint Joseph et du Tampon

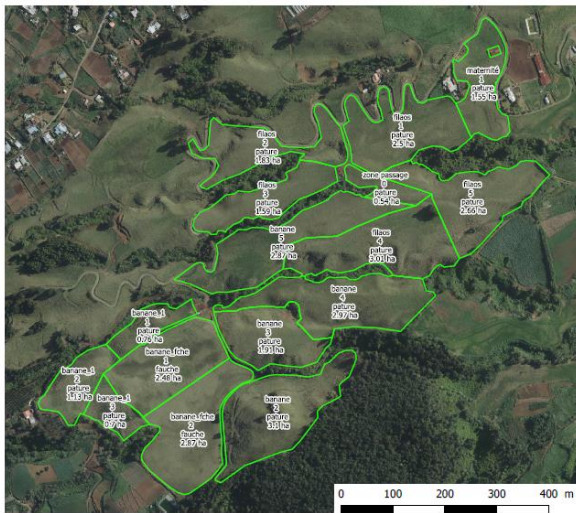


Figure 42 Le parcellaire de Mr CORRET (ARP,2018)



Figure 43 Le parcellaire de Mr Bernard (SOURCE PERSONNELLE, 2018)



# H - Bulletin de l'observatoire



Figure 44 Trame décisionnelle des bulletins de l'observatoire réunionnais (SOURCE PERSONNELLE, 2018)



Figure 45 Présentation des trames des 4 premiers bulletins de l'observatoire (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## I - Analyse générale du jeu de données : densité

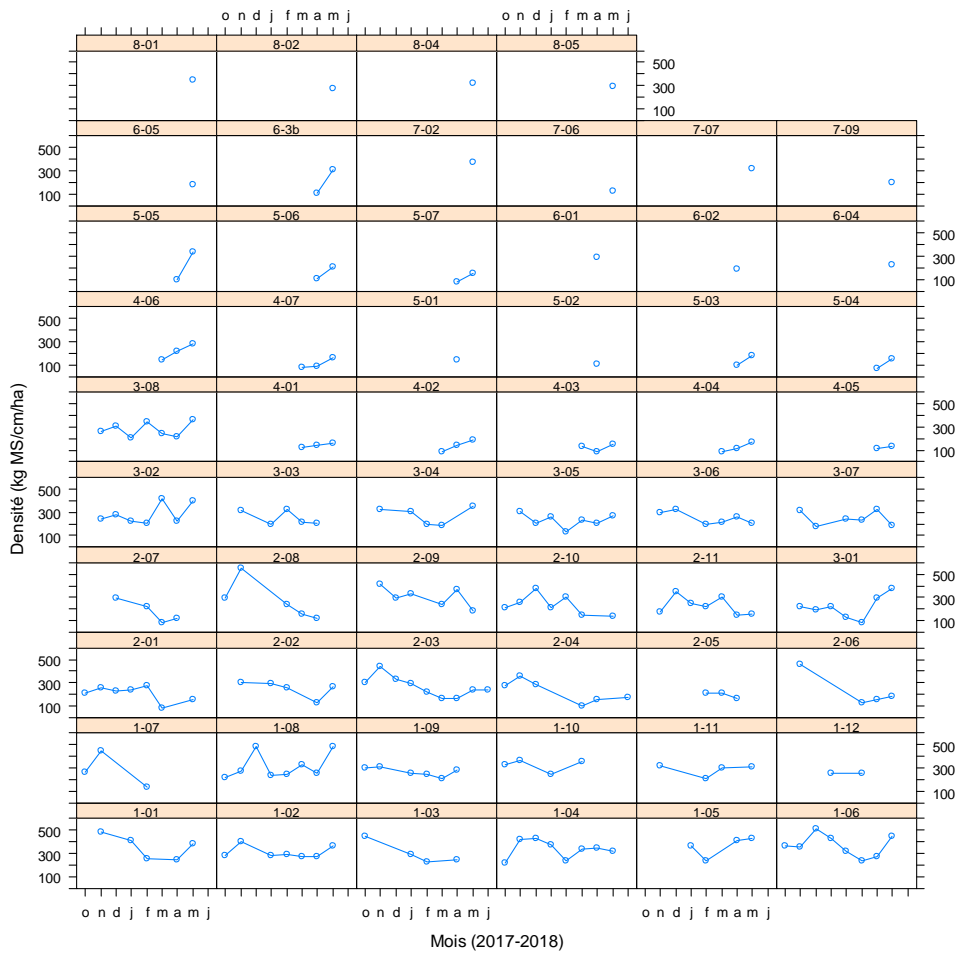


Figure 46 Présentation de l'évolution de la densité dans chaque parcelle de chaque exploitation (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## J – Diagnostic du modèle : densité (espèce – mois)

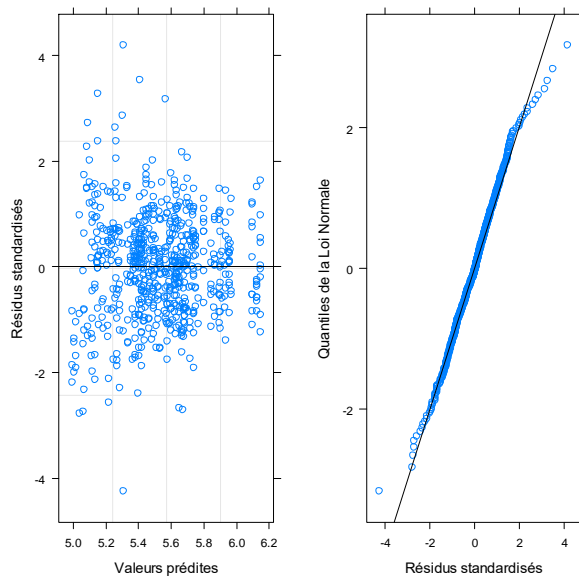


Figure 47 Diagnostic du modèle d'analyse (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

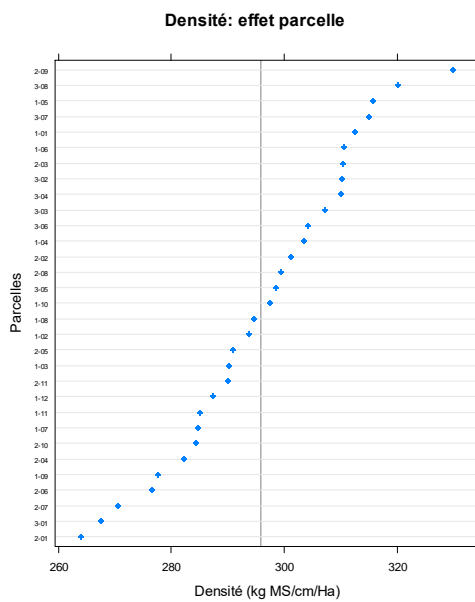


Figure 48 Effet parcelle (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## K – Diagnostic du modèle : densité (espèce – saison)

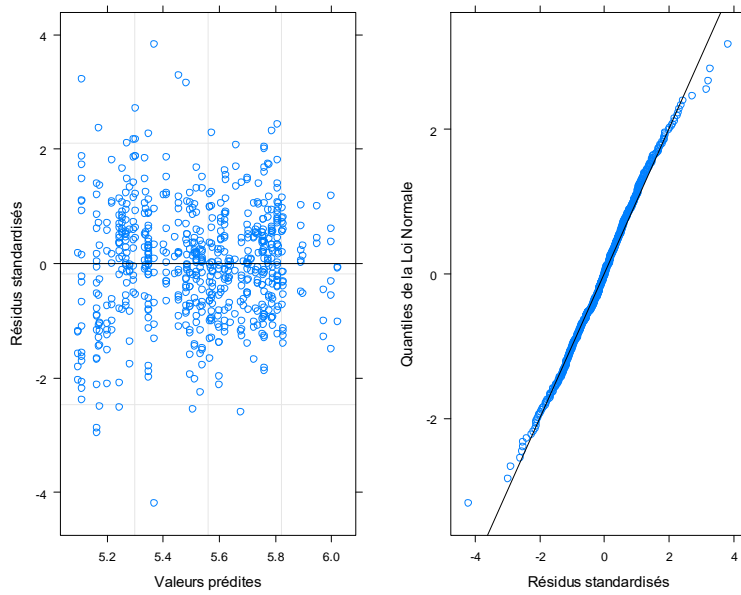


Figure 49 Diagnostic du modèle d'analyse 2 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

### Densité: effet parcelle

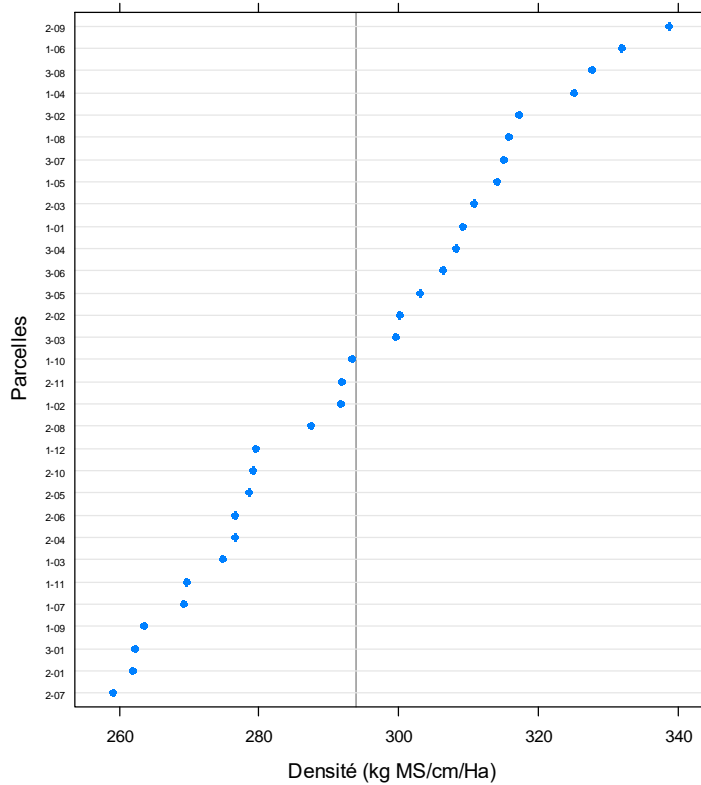


Figure 50 Effet parcelle modèle 2 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## L – Diagnostic du modèle : densité (sur les 8 fermes)

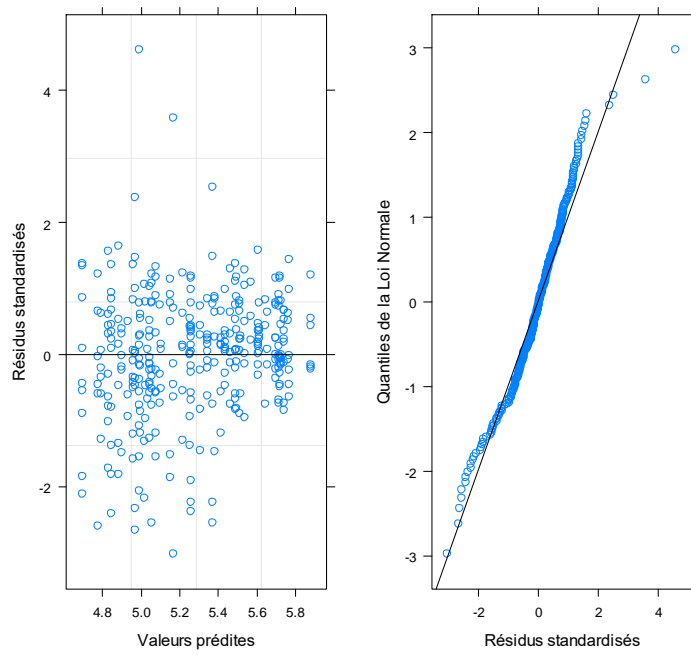


Figure 51 Diagnostic du modèle 3 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

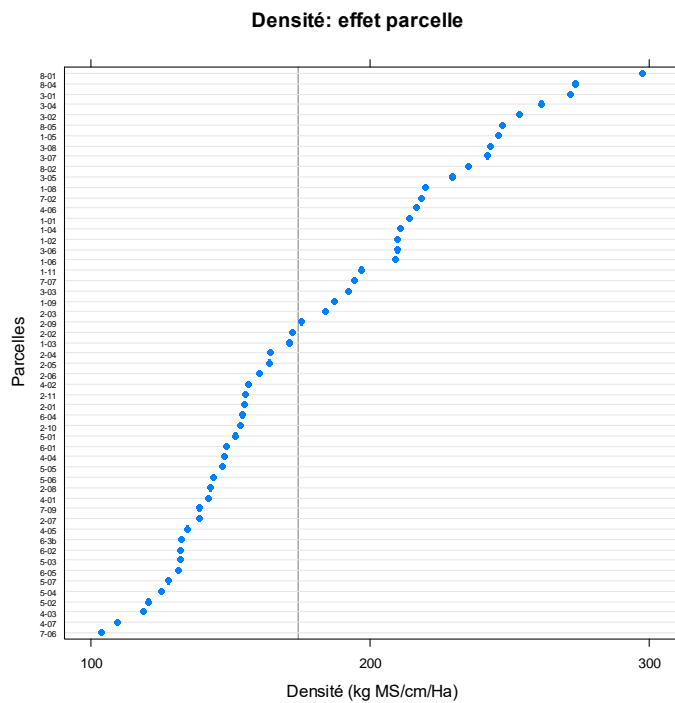


Figure 52 Effet parcelle modèle 3 (SOURCE PERSONNELLES, 2018)

M – Analyse générale du jeu de donnée : croissance

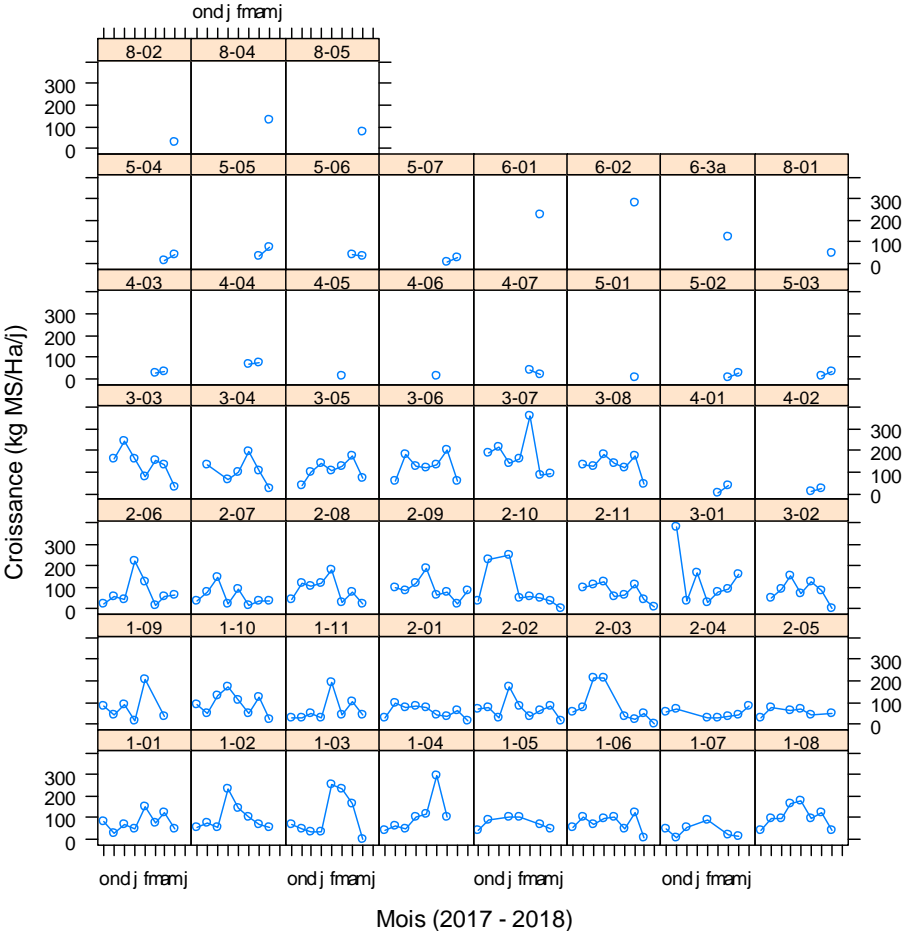


Figure 53 Présentation de l'évolution de la croissance par parcelle d'exploitation (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## N – Diagnostic du modèle : croissance (espèce – mois)

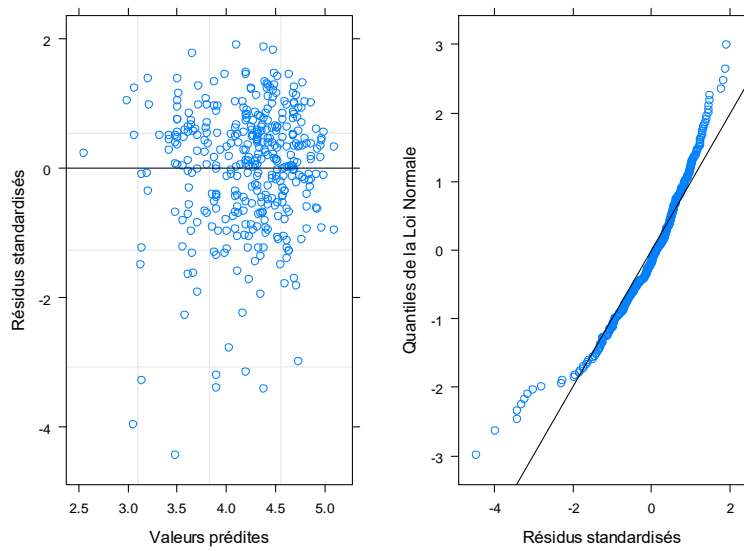


Figure 54 Diagnostic du modèle 4 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## Croissance: effet parcelle

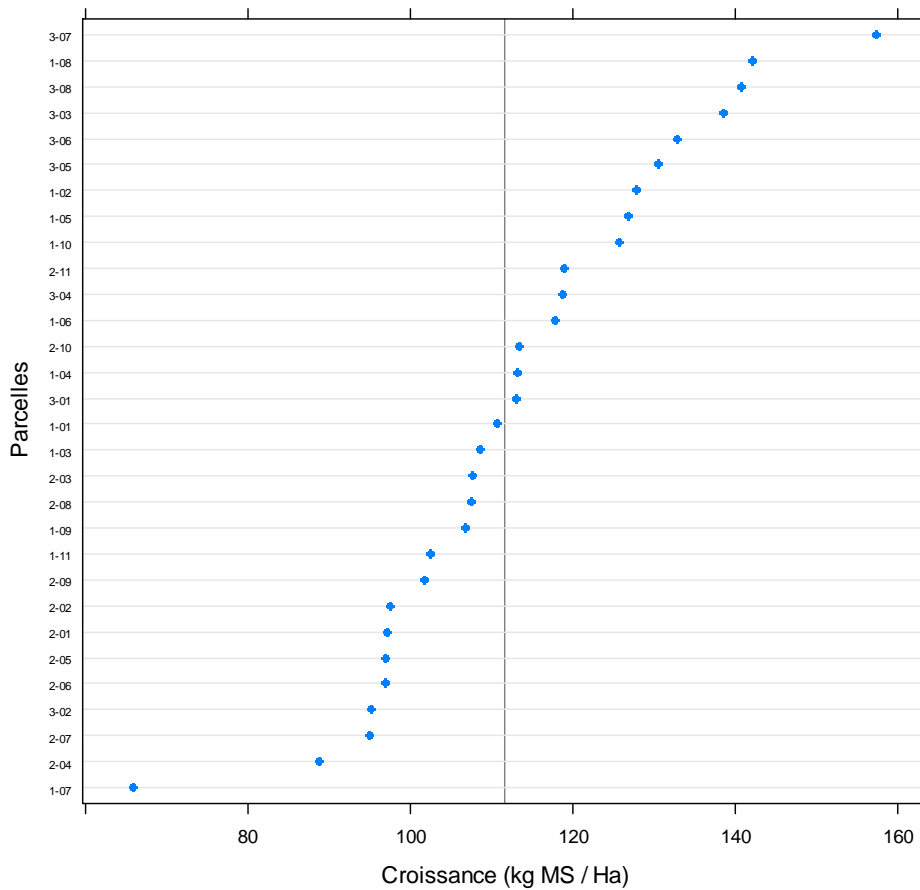


Figure 55 Effet parcelle modèle 4 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)



## O – Diagnostic du modèle : croissance (espèce – saison)

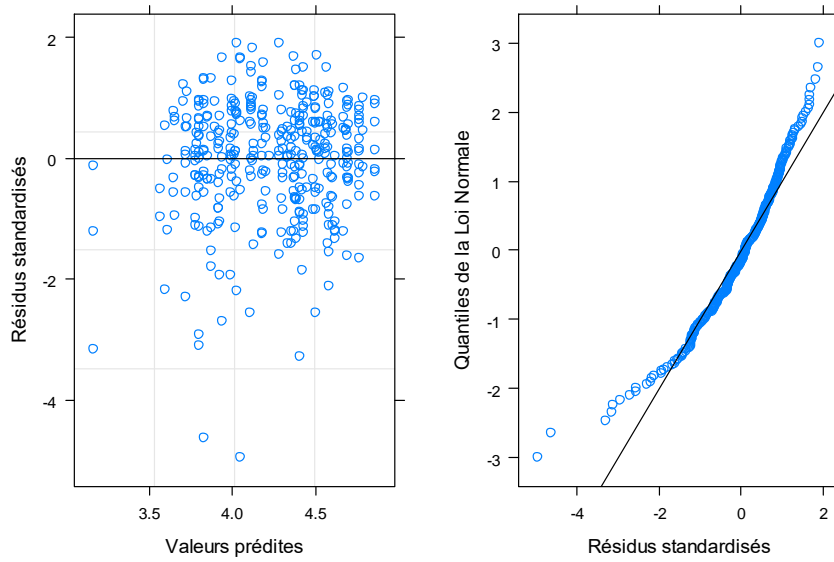


Figure 56 Diagnostic du modèle 5 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

### Croissance: effet parcelle

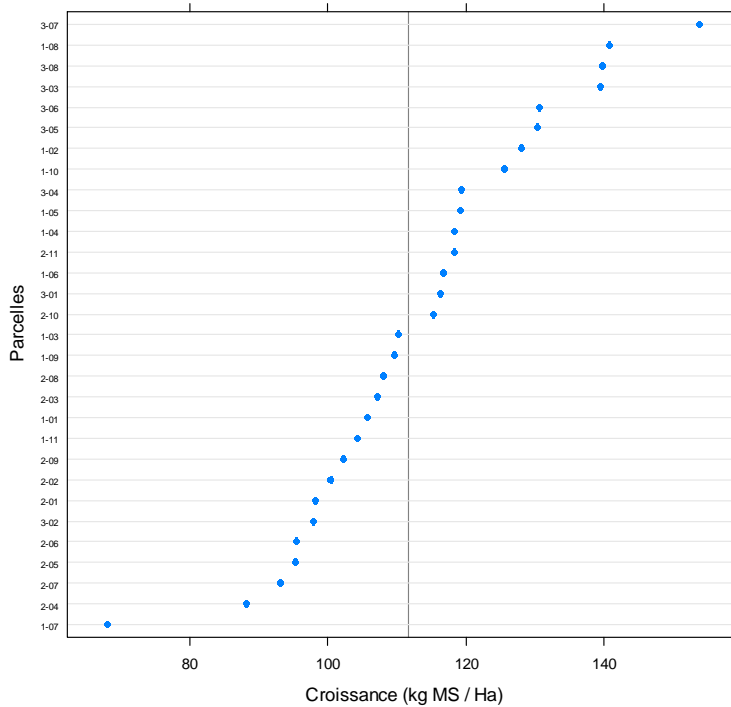


Figure 57 Effet parcelle modèle 5 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## P – Diagnostic du modèle : croissance ( sur les 8 fermes)

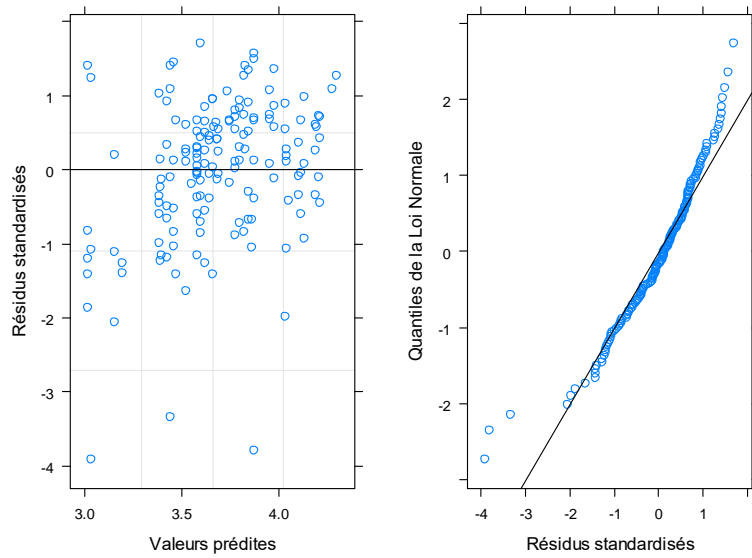


Figure 58 Diagnostic modèle 6 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

### Croissance: effet parcelle

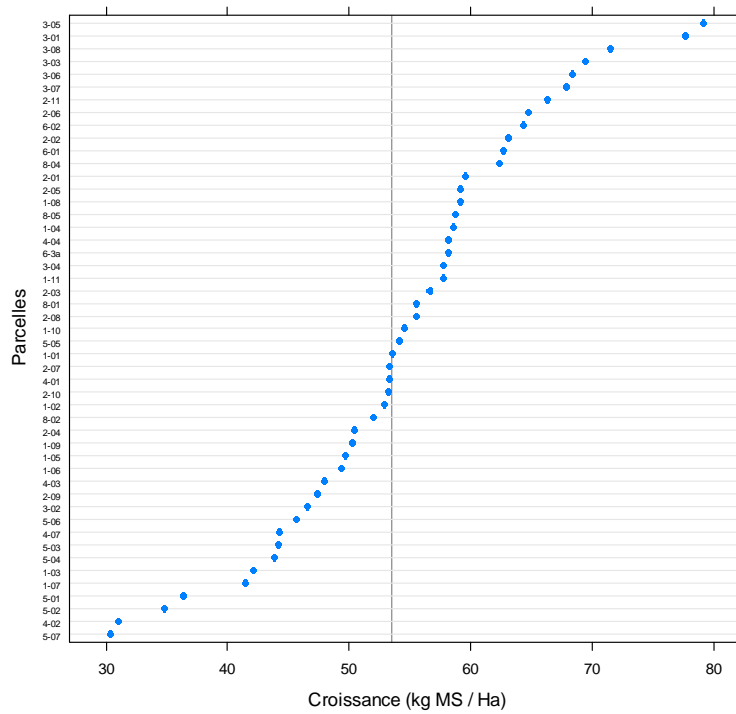


Figure 59 Effet parcelle modèle 6 (SOURCE PERSONNELLE, 2018)

## Q – Températures et pluviométrie à la Réunion

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	18.8	19.2	18.8	17.6	15.9	14.4	13.7	13.2	13.8	14.8	16.4	18
Température minimale moyenne (°C)	15.6	15.9	15.7	14.4	12.8	11.4	11.2	10.5	10.6	11.4	12.8	14.7
Température maximale (°C)	22.1	22.6	22	20.9	19.1	17.5	16.2	16	17.1	18.3	20.1	21.3
Température moyenne (°F)	65.8	66.6	65.8	63.7	60.6	57.9	56.7	55.8	56.8	58.6	61.5	64.4
Température minimale moyenne (°F)	60.1	60.6	60.3	57.9	55.0	52.5	52.2	50.9	51.1	52.5	55.0	58.5
Température maximale (°F)	71.8	72.7	71.6	69.6	66.4	63.5	61.2	60.8	62.8	64.9	68.2	70.3
Précipitations (mm)	224	220	271	187	131	99	97	82	60	55	98	154

Figure 60 Températures et pluviométrie Plaine des Cafres (METEO FRANCE, 2016)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	22.8	23	22.5	21.3	19.7	18.1	17.4	17	17.7	18.7	20.3	21.7
Température minimale moyenne (°C)	19.6	19.8	19.5	18.2	16.6	15.1	14.8	14.3	14.6	15.5	16.8	18.5
Température maximale (°C)	26	26.2	25.6	24.5	22.8	21.2	20	19.8	20.8	22	23.8	25
Température moyenne (°F)	73.0	73.4	72.5	70.3	67.5	64.6	63.3	62.6	63.9	65.7	68.5	71.1
Température minimale moyenne (°F)	67.3	67.6	67.1	64.8	61.9	59.2	58.6	57.7	58.3	59.9	62.2	65.3
Température maximale (°F)	78.8	79.2	78.1	76.1	73.0	70.2	68.0	67.6	69.4	71.6	74.8	77.0
Précipitations (mm)	215	203	252	170	116	88	84	69	50	44	83	135

Figure 61 Température et pluviométrie des Hauts de l'Ouest (METEO FRANCE, 2016)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	23.4	23.7	23.3	22	20.3	18.8	17.9	17.6	18.3	19.3	21	22.5
Température minimale moyenne (°C)	20.3	20.5	20.3	18.9	17.2	15.7	15.3	14.9	15.2	16.1	17.5	19.3
Température maximale (°C)	26.6	26.9	26.4	25.2	23.4	21.9	20.6	20.4	21.5	22.6	24.5	25.7
Température moyenne (°F)	74.1	74.7	73.9	71.6	68.5	65.8	64.2	63.7	64.9	66.7	69.8	72.5
Température minimale moyenne (°F)	68.5	68.9	68.5	66.0	63.0	60.3	59.5	58.8	59.4	61.0	63.5	66.7
Température maximale (°F)	79.9	80.4	79.5	77.4	74.1	71.4	69.1	68.7	70.7	72.7	76.1	78.3
Précipitations (mm)	188	178	229	159	115	85	79	64	46	41	79	120

Figure 62 Températures et pluviométrie Haut du Tampon (METEO FRANCE, 2016)

R – Kikuyu en Nouvelle Zélande

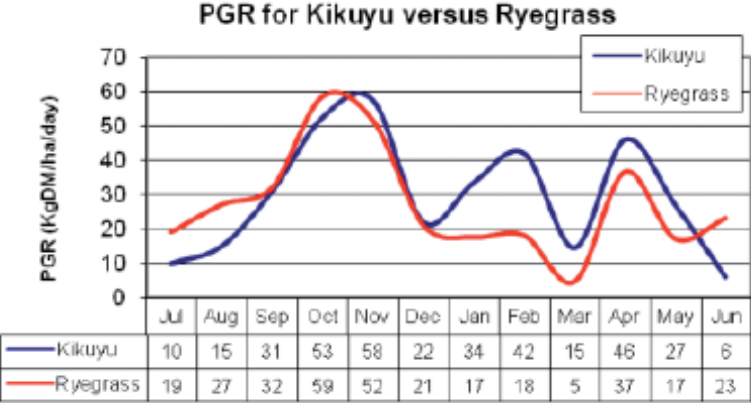


Figure 63 Croissance du Kikuyu et du Ray-grass par mois en Nouvelle Zélande (MAF, s.d)