



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.fr



AFPF - Maison Nationale des Eleveurs - 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 - Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages

La densité des couverts herbacés à l'île de La Réunion : Facteurs de variation et proposition d'une grille saisonnière

E. Tillard¹, M. Miralles-Bruneau¹, Y. Pellier², P. Pierre⁴, T. Cogranne¹, C. Soetens¹, L. Laurent¹, B. Gimenez¹, Q. Garcia¹, J. Texier¹, J. Vuattoux¹, J. Avena¹, L. Delaby³

Un suivi de la densité du couvert herbacé mis en place dans 9 exploitations sur l'île de la Réunion entre 2017 et 2019 a permis d'établir les valeurs de densité de références. Ces résultats sont valorisés aujourd'hui dans le cadre de l'Observatoire de la Croissance de l'Herbe (OCH) et permettent à l'Association Réunionnaise de Pastoralisme d'évaluer la production d'herbe avec plus de précision.

RESUME

Fin 2017, un observatoire de la Croissance de l'Herbe (OCH) a été mis en place sur l'île de la Réunion pour suivre la dynamique de la production d'herbe à l'aide de mesures hebdomadaires de la hauteur du couvert herbacé, dans un réseau de parcelles représentatives de la variabilité pédoclimatique de l'île. Conjointement, un suivi de la densité de l'herbe a été effectué afin de produire les références nécessaires à la conversion de la hauteur d'herbe en biomasse disponible.

La densité moyenne est de 320 (\pm 32) kg de MS /cm /ha. Les densités les plus faibles sont observées durant la saison humide, de mars à avril, lorsque la croissance de l'herbe est forte, et les plus élevées en saison sèche de juillet à décembre, lorsque la croissance est ralentie. La densité est plus élevée en présence d'un tapis de stolons, et lorsque la hauteur d'herbe est inférieure à 13 cm ou lorsque le taux de MS du couvert herbacé augmente. La proportion de kikuyu dans le couvert herbacé n'a pas d'influence significative sur la densité.

A la lumière des facteurs influants, un tableau multi-entrées de la densité de l'herbe a été élaboré. Cette grille de densité va permettre aux utilisateurs d'évaluer la production d'herbe avec plus de précision, et de produire et transférer en temps réel aux éleveurs les indicateurs d'aide à la gestion du pâturage (stock d'herbe disponible, nombre de jours d'avance, chargement animal optimal) pour un conseil agricole contextualisé.

SUMMARY

The density of herbaceous cover in Reunion Island : factors of variation and proposal of a seasonal grid

A grass growth observatory has been established in Réunion Island in 2017 to follow the grass growth variation, based on weekly measurements of grass height in plots representative of the pedoclimatic diversity. Grass density was monitored simultaneously in the same plots, in order to provide reference data needed to convert grass height to pasture biomass.

The lowest densities are observed during the wet season, from March to April, when the grass growth is high, while the highest densities are observed in the dry season from July to December, when the grass growth is low. The grass density was higher in the presence of a thick coat formed by runners and plant residues, when grass height (as measured with a rising plate meter) was less than 13 cm or when DM content increased. The proportion of kikuyu in grass cover showed no significant effect on density.

A table giving the mean grass density for each combination of factors retained in the final analysis was provided and transferred to ARP. That will help breeders to assess availability of grass more accurately throughout the year, and provide them indicators (stock of grass, stocking rate) for contextualized advices.

AUTEURS

1 : CIRAD, UMR SELMET (Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux), 97412, La Réunion. emmanuel.tillard@cirad.fr

2 : Association Réunionnaise de Pastoralisme, 97418 La Plaine des Cafres

3 : INRAE – Institut Agro, Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage, F-35590 Saint Gilles

4 : IDELE, F-49105 Angers

MOTS-CLES : Prairie permanente, densité de l'herbe, croissance de l'herbe, La Réunion

KEY-WORDS: Grassland, grass density, grass growth, Reunion Island

REFERENCE DE L'ARTICLE: Tillard E., Miralles-Bruneau M., Pellier Y., Pierre P., Cogranne T., Soetens C., Laurent L., Gimenez B., Garcia Q., Texier J., Vuattoux J., Avena J., Delaby L., (2022). « La densité des couverts herbacés à l'île de La Réunion : Facteurs de variation et proposition d'une grille saisonnière ». Fourrages 249, 57-67

L'île de La Réunion possède un climat tropical humide favorable à la production fourragère tout au long de l'année. On y observe toutefois un fort déséquilibre saisonnier dans la croissance de l'herbe, avec une croissance forte en saison humide, de décembre à avril, et ralentie en saison sèche, de mai à novembre (Blanfort *et al.*, 2000 ; Barbet-Massin *et al.*, 2004). A l'échelle du territoire, des synthèses récentes (Leleux, 2016 ; Lorre, 2019 ; Scherrer, 2017) ont mis en lumière une sous-valorisation des prairies, et tout particulièrement au pâturage. Enfin, La Réunion a fait face ces dix dernières années, à des aléas climatiques répétés qui ont révélé une fragilité des élevages bovins en termes d'autonomie fourragère.

Confrontés à un déficit d'information sur la dynamique spatio-temporelle de la croissance de l'herbe, les éleveurs éprouvent des difficultés à optimiser la gestion de leur parcelle fourragère. Pour pallier ce déficit d'information, un Observatoire de la Croissance de l'Herbe (OCH, Miralles-Bruneau *et al.*, 2022) a été mis en place à la Réunion fin 2017 à l'initiative de l'Association Réunionnaise de Pastoralisme (ARP) et en collaboration avec le Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Basé sur le modèle des OCH mis en place en France métropolitaine (RMT « Prairies Demain » ; Battagay, 2016a), cet outil avait pour objectif de suivre la dynamique de la production d'herbe et de quantifier l'offre alimentaire journalière dans les principaux secteurs fourragers de l'île (Averna *et al.*, 2019 ; Miralles-Bruneau *et al.*, 2022).

Le suivi mis en place repose sur des mesures hebdomadaires de la hauteur du couvert herbacé à l'herbomètre dans un réseau de parcelles représentatives de la variabilité pédoclimatique de l'île, au sein d'exploitations pratiquant le pâturage tournant (Battagay, 2016a). Pour en déduire la quantité d'herbe disponible, il est nécessaire de connaître la densité du couvert, afin de convertir la hauteur d'herbe mesurée en biomasse, exprimée alors en kg MS /ha (Defrance *et al.*, 2004). La mesure de la hauteur d'herbe et, en intégrant la surface, l'estimation du volume d'herbe disponible ont déjà été utilisées dans le cadre d'actions de recherche ponctuelles (Blanfort *et al.*, 2000 ; Grimaud *et al.*, 2002), mais aucun suivi régulier n'avait encore été mis en place à la Réunion.

La densité de l'herbe est une caractéristique du couvert prairial qui est très variable. En métropole, les valeurs de densités utilisées varient de 100 à 345 kg MS /cm/ha (Desmonière *et al.*, 2019). En zone tropicale, les références sont plus disparates. Au Brésil, les densités moyennes sont plus élevées en saison humide qu'en saison sèche (167 et 85 kg MS /cm/ha, respectivement (Dos Santos *et al.*, 2020). En Guyane, des observations effectuées sur une seule année ont montré des résultats opposés (IKARE, 2013), avec une densité observée en saison sèche plus élevée que celle observée en saison des pluies (325 kg de MS /cm/ha vs 225 kg de MS /cm/ha,

respectivement). En zones tempérées, cette variabilité est liée au contexte climatique, sa saisonnalité, mais également au couvert en place et sa gestion (Defrance *et al.*, 2004 ; Duru et Ducrocq, 1998).

Sur les 35 départements métropolitains disposant d'un observatoire de la croissance de l'herbe, 26 observatoires utilisent des grilles de densité régionales (Desmonière *et al.*, 2019). Ces grilles fournissent des valeurs de densité en fonction du mois (ou de la semaine) et de la composition de la prairie. Elles concernent des couverts herbacés à base de graminées tempérées, parfois associées au trèfle blanc. Elles ne sont pas adaptées aux contextes pédoclimatiques de la Réunion : l'herbe y est exploitable toute l'année, et sa saisonnalité est distincte ; les prairies réunionnaises sont occupées sur près de 80 % de la surfaces fourragères de la Réunion par une graminées tropicale, le kikuyu - *Pennisetum clandestinum* (Leleux, 2016).

Afin de définir la gamme de variation de la densité de l'herbe des prairies réunionnaises et d'identifier les facteurs de variations, une campagne de mesures a été menée, entre 2017 et 2020. Cet article présente la démarche mise en place afin d'aboutir à une grille de références sur la densité de l'herbe, adaptée aux prairies de la Réunion et intégrant le réalisme nécessaire à un usage dans le cadre d'un conseil en élevage, individuel ou collectif.

1. Matériel et méthodes

1.1. Exploitations suivies et couverts herbacés

La campagne de mesure de la densité de l'herbe s'est déroulée entre octobre 2017 et décembre 2019, dans les élevages bovins suivis dans le cadre de l'Observatoire de la croissance de l'herbe : sept élevages allaitants et deux élevages laitiers (Tableau 1). Ces exploitations sont rattachées à trois zones d'études présentant des altitudes et des caractéristiques climatiques différentes : la Plaine des Cafres, les Hauts de l'Ouest, et la zone médiane sud (Cogranne, 2018).

Les prairies sont des prairies permanentes. Elles sont composées principalement de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) qui représente de 35 à 90 % du couvert, selon les exploitations suivies. Le kikuyu est une graminée tropicale stolonifère et rhizomateuse, qui forme au niveau du sol un tapis de débris végétaux très dense, composé de stolons entremêlés (Grimaud *et al.*, 2002 ; Husson *et al.*, 2012). Celui-ci peut atteindre jusqu'à 4 centimètres d'épaisseur, et varie selon la saison et la pression de pâturage. Sur les neuf exploitations suivies, trois présentent un tapis de stolons dans leurs prairies.

Les espèces naturellement associées au kikuyu sont le dactyle (*Dactylis glomera*), le ray-gras anglais (*Lolium perenne*), le brome (*Bromus sp.*), le trèfle blanc

| Secteur | Elevage | Années | Altitude (m) | Pluviométrie annuelle moyenne sur 2017-2020 (mm) | Type de prairies (composition floristique moyenne) (%) | Nb parcelles | Tapis de stolon | Densité validée (Kg MS/cm/ha) | Nombre de Relevés |
|-------------------|---------|-----------|--------------|--|--|--------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| Plaine des Cafres | Exp.1 | 2017-2018 | 1600 | 1754 | Kikuyu (45 %), Dactyle (20 %), Brome (15 %), divers (20 %) | 14 | non | 356 | 387 |
| | Exp.6 | 2018-2019 | 1600 | 1754 | Kikuyu (65 %), Dactyle (20 %), Ray-grass (8 %), Paspalum (3 %), Trèfle blanc (2 %), divers (2 %) | 6 | non | 303 | 237 |
| | Exp.7 | 2018-2019 | 1700 | 1754 | Dactyle (55 %), Kikuyu (35 %), Brome (3 %), Ray-grass (3 %), Adventices (4 %) | 5 | non | 299 | 195 |
| | Exp.9 | 2019 | 1500 | 1754 | Kikuyu (40 %), Ray-grass (25 %), Flouve odorante (13 %), Trèfle blanc (13 %), Dactyle (8 %), Houlique laineuse (1 %), Adventices (1 %) | 9 | non | - | 27 |
| Sud | Exp.3 | 2017-2019 | 750 | 2633 | Kikuyu (75 %), Paspalum (5 %), Chloris (5 %), Adventices (15 %) | 14 | non | 265 | 462 |
| | Exp.8 | 2018-2019 | 1100 | 1733 | Kikuyu (90 %), Trèfle blanc (5 %), Adventices (5 %) | 5 | oui | 385 | 428 |
| Hauts de l'Ouest | Exp.2 | 2017-2019 | 1100 | 1175 | Kikuyu (90 %), Paspalum (6 %), Dactyle (2 %), Adventices (2 %) | 11 | oui | 343 | 548 |
| | Exp.4 | 2018-2019 | 1350 | 1327 | Kikuyu (85 %), Houlique laineuse (10 %), Adventices (5 %) | 7 | non | 350 | 188 |
| | Exp.5 | 2018-2019 | 1400 | 1180 | Kikuyu (40 %), Houlique laineuse (30 %), Ray-grass (15 %), Dactyle (7 %), Flouve odorante (5 %), Adventices (3 %) | 13 | oui | 343 | 232 |

TABLEAU 1 : Nombre de relevés par secteur et exploitations.

Table 1 : Number of surveys per sector and operations.

(*Trifolium repens*), le paspalum (*Paspalum dilatatum*), la flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum*), et la houlique laineuse (*Holcus lanatus*). Ces trois dernières graminées font partie de la flore spontanée et ne sont pas implantées volontairement. Les diverses mauvaises herbes couramment rencontrées dans ces prairies sont la Maririntée (*Sporobolus indicus*), la Patience (*Rumex crispus*), le Chiendent (*Cynodon dactylon*), ainsi que différentes cypéracées (Blanfort, 1998). Les espèces composant le couvert varient selon les zones, du fait du gradient climatique important à la Réunion, lié à l'altitude et à l'exposition aux alizés (Blanfort *et al.*, 2000 ; Choisis *et al.*, 2009)

1.2. Méthodologie de mesure de la densité

La densité de l'herbe correspond à la quantité d'herbe présente par hectare sur un centimètre de hauteur d'herbe compressée (en kg MS /cm/ha). Le protocole mis en place pour l'évaluer est adapté du protocole proposé par le RMT « Prairies Demain », défini par l'INRAE et IDELE (Battagay, 2016b). Dans le cadre

de l'observatoire de la croissance de l'herbe, entre cinq et quatorze parcelles de prairies permanentes âgées de plus de 6 mois ont été sélectionnées dans chaque élevage (Tableau 1). Une zone homogène et représentative du couvert de 2000 m² (20 x 100 m) a été délimitée et géoréférencée au sein de chaque parcelle, pour le suivi de la hauteur du couvert herbacé (Battagay, 2016a). Ces mêmes parcelles ont été suivies pour l'établissement des références sur la densité de l'herbe.

Les mesures ont été réalisées d'octobre à décembre 2017, durant toute l'année 2018, puis en janvier-février 2019 et de septembre à décembre 2019. Le continuum d'octobre 2017 à février 2019 aboutit à des années incomplètes en 2017 et 2019. Les mesures ont été réalisées durant toute l'année, afin de pouvoir évaluer l'évolution mensuelle de la densité d'herbe. La fréquence des mesures était hebdomadaire. Dans chaque exploitation et lors de chaque visite, trois parcelles sans animaux et n'ayant pas reçu de fertilisation récente ont été sélectionnées pour la réalisation des prélèvements.

De ce fait, les parcelles choisies pouvaient changer d'un passage à l'autre (Battegay, 2016a).

Trois mesures au quadrat circulaire (65 cm de diamètres) sont alors réalisées sur chaque zone de 2000 m². Les quadrats étaient positionnés de façon aléatoire, en évitant les zones de refus et de piétinement visibles à l'œil nu. Quatre mesures de hauteur à l'herbomètre (Jenquip®) étaient réalisées par quadrat, avant et après le prélèvement d'herbe. L'herbe a été coupée à l'aide d'un sécateur électrique, en visant une hauteur proche de 5 cm. Pour chaque quadrat, l'herbe prélevée est collectée, et pesée *in situ*, et un sous-échantillon de 150 à 200 g est réalisé (Battegay, 2016b) en vue d'en déterminer le taux de MS (passage en étuve ventilée, à 68°C pendant 48h).

La différence de hauteur avant (Hav) et après (Hap) fauche a été calculée ($\Delta H = H_{av} - H_{ap}$, en cm). La quantité de matière sèche récoltée (qMS, en kg MS/ha) a été calculée à partir du taux de matière sèche, du poids total frais récolté, et de la surface du quadrat fauché. La densité d'herbe Dh (en kg MS /cm/ha) de chaque quadrat a été calculée selon la formule suivante (Battegay S., 2016b) :

$$Dh = \text{"qMS"} / \text{"}\Delta H\text{"}$$

1.3. Suivi de la composition floristique

La composition floristique de chaque parcelle a été établie à deux reprises à un an d'intervalle sur la durée du suivi. Vingt-quatre espèces différentes ont été inventoriées : des graminées tempérées et tropicales, des légumineuses tempérées et tropicales et des adventices (Le bourgeois *et al.*, 2001). Le pourcentage de la surface au sol occupé par chaque espèce a été établi par notation visuelle.

1.4. Analyse des données

La base de données initiale comportait 2704 mesures de densités. Les observations incomplètes associées à des défauts de mesure de hauteur, avant ou après fauche, de pesée de la biomasse du quadrat, ou de mesure du taux de MS) ont été exclus de l'analyse. Dans un souci de fiabilité des prélèvements, les relevés caractérisés par une hauteur avant fauche < 5 cm ou > 20 cm, une hauteur après fauche > 15 cm ou un ΔH négatif ont également été retirées de l'analyse, ainsi que les relevés présentant un taux de MS < 10 % ou > 50 %.

Conformément au protocole de validation défini par Defrance *et al.*, (2004), les valeurs de densité extrêmes, susceptibles d'être le résultat d'erreurs de mesure ou de saisie, ont été écartées. Ainsi, pour chaque exploitation et chaque mois, les densités s'écartant de plus de deux écarts-type de la moyenne ont été supprimées (Tableau 1).

Les variables explicatives envisagées sont listées dans le tableau 2. La variable « Couvert » a été définie après examen des relevés de composition floristique. La variable « tapis de stolon » (tableau 1) caractérisait les exploitations présentant ou non un tapis de débris végétaux au sol. Les variables « hauteur d'herbe avant fauche » et « taux de MS » ont été mises en classes, après examen de leur relation avec la densité, sur toute la durée du suivi.

L'analyse statistique a été construite en plusieurs étapes.

Les valeurs de densité moyenne de chacune des modalités présentées au tableau 2 et les interactions deux à deux ont été évaluées dans le cadre d'analyses de variance. Cette phase préliminaire a permis de

| Variable | Modalité | N | Référence |
|------------------|--------------------------------|---|------------|
| Année | 2017 | 243 | 2018 |
| | 2018 | 1332 | |
| | 2019 | 410 | |
| Mois | 1 – 12 | 225 164 82 102 184 120 94 169 110 313 231 191 | Janvier |
| | Sud | 688 | |
| Zone | Hauts de l'Ouest | 675 | Sud |
| | Plaine des Cafres | 622 | |
| | Kikuyu (>= 70 % Kikuyu) | 1161 | |
| Couvert | Kikuyu tempérée (<70 % Kikuyu) | 824 | Kikuyu |
| | Sans tapis | 985 | |
| Tapis de stolons | Avec tapis | 1000 | Sans tapis |
| | <= 13cm | 1128 | |
| Hauteur d'herbe | > 13cm | 857 | <= 13cm |
| | <= 20 % | 817 | |
| Taux de MS |]20 - 30] % | 944 | <= 20 % |
| | > 30 % | 224 | |
| | Exploitation parcelles | 8 | |
| | 69 | | |

TABLEAU 2 : Liste des facteurs contrôlés et nombres de données disponibles par facteur après validation
Table 2 : List of factors controlled and number of data available per factor after validation

déterminer les facteurs et leurs interactions à inclure en tant qu'effets fixes dans l'analyse finale.

Pour prendre en compte la nature aléatoire des exploitations et des parcelles retenues dans l'analyse, et la corrélation potentielle entre les observations effectuées au sein de chacune de ces parcelles, un modèle hiérarchique a été retenu, incluant l'exploitation et la parcelle intra exploitation comme effets aléatoires.

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R (R Core Team, 2021), en particulier les packages nlme et emmeans.

Le modèle linéaire final a ensuite été utilisé pour constituer un tableau multi-entrées permettant de prédire une densité de l'herbe intégrant les facteurs significatifs.

2. Résultats

2.1. Elaboration du modèle

Parmi les 2704 relevés réalisés sur la période 2017-2019, 1985 ont été retenus pour l'analyse finale (73,5 %). Les relevés non retenus sont constitués pour l'essentiel de 230 valeurs de densité manquantes (8,5 %), 340 valeurs extrêmes pour la hauteur d'herbe et le taux de MS (13 %).

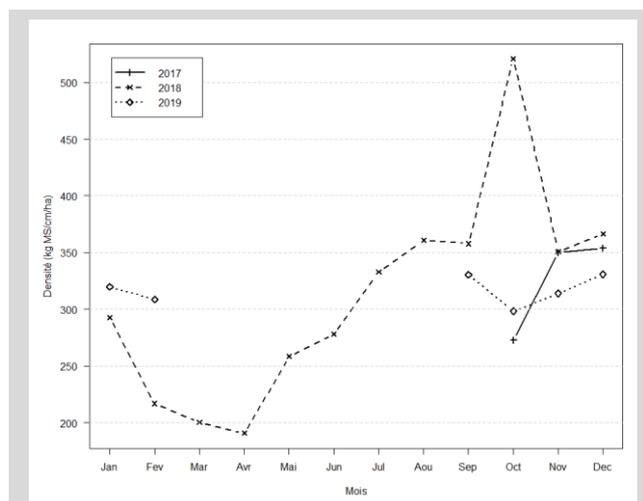


FIGURE 1 : Evolution de la densité moyenne de l'herbe sur 2017-2019, tous sites et parcelles confondus.

Figure 1: Evolution in average grass density over 2017-2019, all sites and plots combined.

La densité moyenne observée est de 320 (± 32) kg de MS /cm/ha. Une importante variabilité saisonnière a été observée, avec des valeurs les plus hautes entre août et décembre, en saison fraîche, et les plus basses entre février et avril, en saison chaude et humide (Figure 1). Le déséquilibre observé dans les relevés par année

| Variables | Modalités | Effectif | Hav | Hap | Taux MS | Biomasse | Densité |
|-----------------|-------------------|----------|------|-----|---------|----------|-------------|
| | | | cm | cm | % | kg MS/ha | kg MS/cm/ha |
| Mois | 1 | 225 | 13.9 | 7.0 | 19.5 | 2076 | 312 |
| | 2 | 164 | 13.5 | 6.4 | 19.0 | 1789 | 260 |
| | 3 | 82 | 14.7 | 7.4 | 17.5 | 1567 | 196 |
| | 4 | 102 | 13.8 | 7.7 | 20.1 | 1160 | 181 |
| | 5 | 184 | 13.1 | 6.5 | 21.0 | 1692 | 260 |
| | 6 | 120 | 13.2 | 7.1 | 20.3 | 1623 | 281 |
| | 7 | 94 | 12.2 | 6.7 | 20.6 | 1735 | 333 |
| | 8 | 169 | 10.3 | 6.1 | 25.0 | 1496 | 358 |
| | 9 | 110 | 10.3 | 6.2 | 26.7 | 1366 | 344 |
| | 10 | 313 | 11.2 | 6.3 | 27.5 | 1956 | 421 |
| | 11 | 231 | 12.5 | 6.6 | 22.1 | 1983 | 349 |
| | 12 | 191 | 13.3 | 7.2 | 22.6 | 2049 | 362 |
| Zone | Sud | 688 | 11.8 | 6.0 | 22.0 | 1662 | 314 |
| | Hauts de l'Ouest | 675 | 13.9 | 7.6 | 22.8 | 1968 | 338 |
| | Plaine des Cafres | 622 | 11.9 | 6.4 | 22.4 | 1720 | 315 |
| Couvert | >= 70 % Kikuyu | 1161 | 12.5 | 6.6 | 22.2 | 1775 | 321 |
| | < 70 % Kikuyu | 824 | 12.6 | 6.8 | 22.7 | 1797 | 324 |
| Tapis de stolon | Sans Tapis | 985 | 12.2 | 6.2 | 21.6 | 1727 | 299 |
| | Avec Tapis | 1000 | 12.8 | 7.1 | 23.1 | 1840 | 345 |
| Hauteur d'herbe | <= 13 cm | 1128 | 10.0 | 5.7 | 24.0 | 1505 | 353 |
| | > 13 cm | 857 | 15.9 | 8.0 | 20.3 | 2152 | 282 |
| Taux de MS | <= 20 % | 817 | 13.9 | 6.9 | 17.1 | 1816 | 269 |
| |]20 – 30] % | 944 | 11.8 | 6.6 | 24.0 | 1701 | 337 |
| | > 30 % | 224 | 10.8 | 6.2 | 34.9 | 2018 | 457 |

TABLEAU 3 : Moyennes des différentes variables selon chaque modalité des facteurs explicatifs.
Table 3: Average of the different variables according to each modality of the explanatory factors.

(aucune observation entre mars et août 2019) limite ce constat à la seule année 2018 et rend difficile les comparaisons interannuelles. A l'exception du mois d'octobre 2018, les profils observés entre septembre et décembre au cours des trois années sont néanmoins comparables. Les écarts observés pour la période janvier-février entre 2018 et 2019 sont associés à des écarts de pluviosité importants (pluviosité = 528 mm en 2018 vs 170 mm en 2019), ce qui suggère le rôle possible du climat pour expliquer ces variations interannuelles.

Pour le couvert herbacé, la différence entre les deux modalités (Kikuyu \geq 70 % du couvert et Kikuyu < 70 % du couvert) n'est pas significative. Des analyses complémentaires (non décrites) ont permis de tester différentes proportions de Kikuyu (de 50 à 90 %) dans le couvert herbacé ; elles n'ont jamais montré que cette proportion influençait significativement la densité. La proportion de kikuyu n'a donc pas été retenue dans l'analyse finale et lors de l'élaboration de la grille de densité.

Du fait d'une confusion d'effet, il n'est pas possible de maintenir les variables « Zone » et « Présence d'un tapis de stolons » dans le même modèle d'analyse de variance. En effet, les trois éleveurs présentant un tapis de stolon dans leurs parcelles sont situés dans la zone des Hauts de l'Ouest et dans la zone Sud. Le choix a été de privilégier la variable « tapis de stolons », et d'intégrer un critère biologique (plutôt qu'un critère géographique) dans la table de valeurs de référence de densité. Ce choix

permet ainsi d'assurer une approche plus générique dans l'estimation de la densité et donc de la croissance de l'herbe.

Les densités moyennes pour chacune des modalités (Tableau 3) et les analyses de variance univariées nous ont conduit à retenir 4 variables (le mois, la présence d'un tapis de stolon, la hauteur d'herbe et le taux de MS) dans le modèle final. Trois interactions significatives impliquant le tapis de stolon d'une part et les variables mois, hauteur d'herbe et taux de MS, d'autre part, ont été incluses dans le modèle.

Tous les facteurs de variation pressentis ont une influence significative sur la valeur de densité (Tableau 4). Les effets fixes et aléatoires représentent respectivement 82 et 17 % de la variabilité totale. Les densités moyennes prédites par le modèle (toutes parcelles et exploitations confondues) ont permis d'établir un tableau multi-entrées qui prend en compte les effets des facteurs fixes étudiés (Tableau 5). Par construction, le modèle permet de simuler toutes les combinaisons possibles de facteurs. Comme certaines combinaisons n'ont pas été observées sur le terrain, le tableau proposé comporte dans ce cas un affichage en caractère gras, incitant à la prudence dans l'utilisation de ces valeurs.

| Variables | Modalités | Coefficients | Erreur Standard | Degré de liberté | t-value | p-value |
|-------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|------------------|---------|---------------|
| | Moyenne (Intercept) | 286.31 | 19.24 | 1896 | 14.88 | 0.0000 |
| Mois | Janvier | 286.31 | - | - | - | - |
| | Février | -47.28 | 13.47 | 1896 | -3.51 | 0.0005 |
| | Mars | -37.46 | 16.68 | 1896 | -2.25 | 0.0248 |
| | Avril | -50.21 | 15.65 | 1896 | -3.21 | 0.0014 |
| | Mai | -13.21 | 14.20 | 1896 | -0.93 | 0.3424 |
| | Juin | -25.04 | 15.06 | 1896 | -1.66 | 0.0966 |
| | Juillet | 19.51 | 16.97 | 1896 | 1.15 | 0.2502 |
| | Août | 8.33 | 14.51 | 1896 | 0.57 | 0.5659 |
| | Septembre | -10.88 | 15.76 | 1896 | -0.69 | 0.4900 |
| | Octobre | 12.27 | 14.38 | 1896 | 0.85 | 0.3936 |
| | Novembre | 21.66 | 13.57 | 1896 | 1.60 | 0.1108 |
| | Décembre | 35.60 | 16.01 | 1896 | 2.22 | 0.0263 |
| Tapis de stolons | Absence | 286.31 | | | | |
| | Présence | 70.81 | 27.24 | 6 | 2.90 | 0.0407 |
| Hauteur d'herbe | \leq 13 cm | 286.31 | | | | |
| | > 13 cm | -36.63 | 6.88 | 1896 | -5.33 | 0.0000 |
| Taux de MS | \leq 20 | 286.31 | | | | |
| | 20-30 % | 38.92 | 7.32 | 1896 | 5.31 | 0.0000 |
| | > 30 % | 49.49 | 14.78 | 1896 | 3.35 | 0.0008 |

TABLEAU 4 : Estimation des coefficients, de leur erreur standard et des valeurs de p, pour le modèle final (les interactions et les effets aléatoires ne sont pas présentées); pour chacune des variables, la modalité de référence est indiquée en caractère gras.

Table 4: Estimated coefficients, their standard errors, and p values, for the final model (interactions and random effects are not shown); for each variable, the reference modality is shown in bold.

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

TABLEAU 5 : Densités (kg MS /cm/ha) ajustées pour chaque combinaison de modalités des facteurs étudiés ; les valeurs en gras pointent des combinaisons d'effets qui n'ont pas été observées sur le terrain.
 Table 5: Densities (kg DM /cm/ha) adjusted for each combination of modalities of the factors studied

2.2. Profils de variation des densités

Les densités les plus faibles sont observées durant la saison humide, de mars à avril, lorsque la croissance de l'herbe est forte, et les plus élevées en saison sèche de juillet à décembre, lorsque la croissance est ralentie (Figure 2).

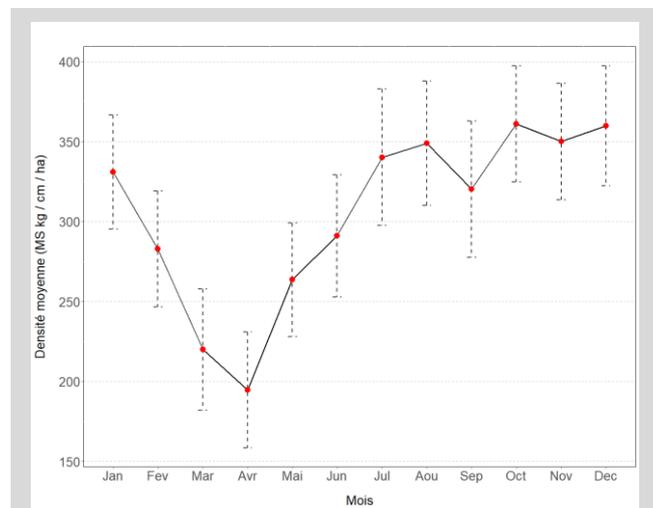


FIGURE 2 : Evolution de la densité mensuelle moyenne de l'herbe sur 2017-2019 ; les lignes en pointillés montrent l'intervalle de confiance de la moyenne au seuil de 95 %.
 Figure 2: Evolution of average monthly grass density over 2017-2019; dashed lines show the confidence interval of the mean at the 95 % threshold.

La densité est plus élevée en présence d'un tapis de stolon, quelle que soit la hauteur d'herbe ou le taux de MS. Elle est également plus élevée lorsque la hauteur d'herbe est inférieure à 13 cm ou lorsque le taux de MS augmente (Figure 3). L'interaction [tapis x hauteur] ou

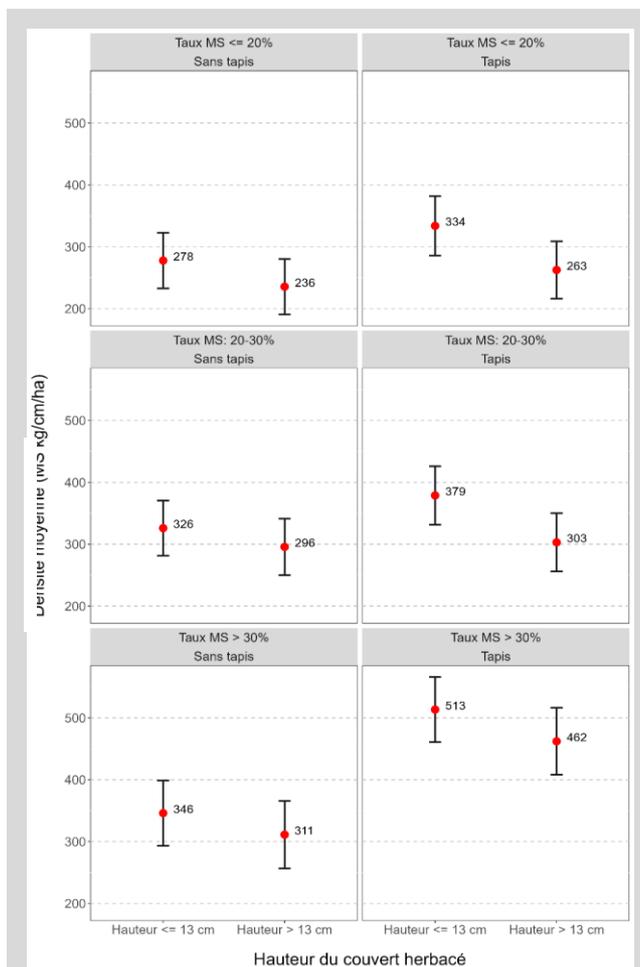


FIGURE 3 : Densité moyenne ajustées (et intervalle de confiance de la moyenne) pour chaque modalité des variables tapis de stolon, hauteur d'herbe et taux de MS
 Figure 3: Adjusted mean density (and confidence interval of the mean) for each modality of the variables stolon mat, grass height and DM rate

[tapis x taux de MS] se traduit par un écart plus grand entre hauteur ou entre taux de MS, en présence d'un tapis de stolon.

L'intégration dans le modèle des facteurs aléatoires s'est révélée très significative. Les densités moyennes oscillent entre 250 et 350 kg MS /cm/ha entre les exploitations, et entre 250 et 330 kg MS /cm/ha entre les parcelles. Ces écarts entre exploitations et entre parcelles sont probablement liés à des facteurs spécifiques, mais non pris en compte dans le modèle .

2.3. Applications et conséquences sur la croissance

La grille de densités obtenue (Tableau 4) est destinée à convertir la hauteur du couvert herbacé, mesurée dans le cadre des suivis de l'OCH, en biomasse fourragère disponible sur une parcelle donnée. L'objectif retenu lors de l'élaboration de cette grille a été de la rendre opérationnelle. Et donc d'intégrer des facteurs de variation disponibles en élevage, au moment des mesures de suivi de la croissance de l'herbe. Le taux de MS, s'il n'est pas disponible, peut être estimé à l'aide d'un modèle (analyse de variance), comme celui qui a été établi à partir des mesures réalisées sur la durée du suivi, et qui donne le taux de MS pour chaque mois, dans chacune des régions (Figure 4).

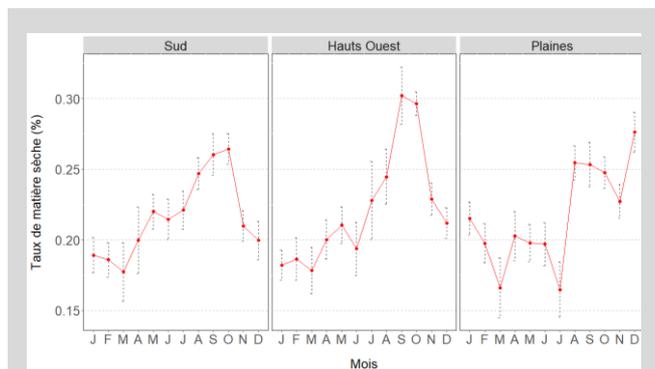


FIGURE 4 : Evolution mensuelle du taux de MS, dans chaque zone, sur 2017-2019

Figure 4 : Monthly evolution of the MS rate, in each zone, over 2017-2019

La connaissance des quatre variables d'entrée de la grille (mois de mesure, présence ou non d'un tapis de stolon, hauteur de l'herbe et Taux de MS) permet *in fine* de prédire la densité de l'herbe, pour une parcelle donnée, et donc d'estimer la croissance de l'herbe (en kg MS /ha/j), à partir des relevés de l'herbomètre.

Afin d'évaluer les conséquences de cette nouvelle grille de densité, la dynamique moyenne de la croissance de l'herbe observée à La Réunion en 2017-2020 a été réestimée, toutes parcelles confondues, d'une part en appliquant la grille de références (Tableau 4) et d'autre part en appliquant une valeur de densité constante par

exploitation (Tableau 1), comme c'était le cas jusqu'à présent (Figure 5).

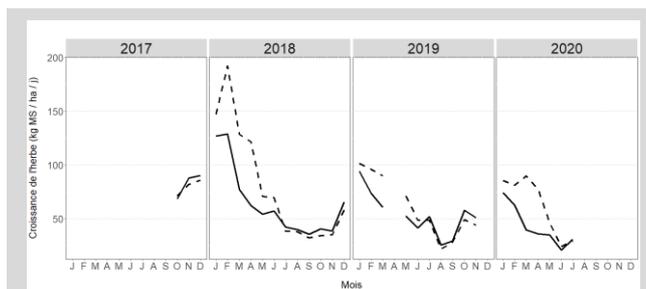


FIGURE 5 : Evolution de la croissance moyenne de l'herbe (en kg MS/ha/j) entre 2017 et 2020, toutes parcelles confondues ; en trait plein, les résultats obtenus après application de la grille de références et, en pointillé, les résultats obtenus en appliquant une valeur de densité constante par exploitation.

Figure 5 : Evolution of average grass growth (in kg DM/ha/d) between 2017 and 2020, all plots combined; in solid line, the results obtained after applying the reference grid and, in dotted line, the results obtained by applying a constant density value per farm.

L'application de la grille de référence a permis de réviser à la baisse les quantités moyennes de biomasse produites en saison chaude et humide, et ce chaque année, avec une réduction proche de 50 % pour les écarts les plus conséquents (mars-avril 2018 ou mars-avril 2020). Ces résultats montrent l'importance de prendre en compte la variabilité mensuelle de la densité des couverts fourragers tropicaux pour évaluer de façon satisfaisante la croissance de l'herbe, et sa variabilité au cours d'une année.

3. Discussion et perspectives

Quand on examine les démarches retenues au niveau international (Europe, Nouvelle Zélande), on s'aperçoit que les densités du couvert herbacé sont rarement utilisées. La relation entre rendement (kg MS/ha) et hauteur d'herbe est généralement obtenue après calibration et ajustement d'une relation linéaire ou curvilinéaire (López-Díaz *et al.*, 2011). Ces modèles sont établis pour chaque type d'instrument utilisé pour les mesures de hauteurs d'herbe et sont aujourd'hui intégrés à des logiciels de suivi du couvert herbacé, comme P-Plus (Aghub©, New-Zealand). Différents modèles, ajustés en fonction du contexte (zone, espèce, saison), sont utilisés pour convertir la hauteur d'herbe en biomasse. Cette approche utilisant des modèles est assez similaire, dans sa logique, à notre démarche basée sur les densités. Dans les deux cas, on cherche à identifier les principaux facteurs qui impactent la croissance de l'herbe. Notre approche semble toutefois plus générique, et mieux adaptée pour répondre à une utilisation en élevage. De plus, elle n'est pas inféodée à

un appareil de mesure spécifique comme c'est le cas pour le grasshopper®.

3.1. Les facteurs de variation de la densité

En France métropolitaine, les densités les plus faibles sont observées lorsque la croissance de l'herbe et sa teneur en eau sont élevées, et les densités les plus élevées lorsque la teneur en eau de l'herbe est la plus faible (Defrance *et al.*, 2004). Nos données confortent ces effets, avec pour conséquence une densité faible lorsque la croissance de l'herbe est forte, en saison chaude et humide, et une densité élevée lorsque la croissance de l'herbe est ralentie, en saison fraîche et sèche (Figure 2). L'eau présente dans la plante semble rendre le couvert plus résistant à la compression exercée par le plateau de l'herbomètre.

La densité moyenne observée à la Réunion (320 ± 32 kg de MS /cm/ha) est supérieure à la densité retenue en France métropolitaine pour le calcul de la croissance de l'herbe (250 kg de MS /cm/ha). Toutefois, la plage de valeurs enregistrées à La Réunion était assez similaire à celles observées dans la région du Grand Ouest, en prairies pâturées (Defrance *et al.*, 2004 ; Delagarde *et al.*, 2014). En Guyane, les densités observées sur des prairies de *Brachiaria humidicola* sont comparables à nos résultats ; elles oscillent entre 150 et 400 kg MS /cm/ha, avec un maximum observé en fin de saison sèche (IKARE, 2013). Au Brésil, des observations discordantes ont été rapportées. Les densités fluctuent entre 80 et 160 kg MS /cm/ha, sur prairies de graminées tropicales (*Brachiaria decumbens*) gérées de façon intensive, avec un chargement compris entre 1,5 et 2,2 UGB /ha (Dos Santos *et al.*, 2020). Les valeurs de densité les plus élevées y sont observées en saison des pluies, contrairement à nos résultats.

L'effet du tapis composé de stolons et de débris végétaux reste peu documenté. Son effet est surtout important lorsque la hauteur avant fauche est ≤ 13 cm. Il est possible que cet effet sur la densité soit en partie associé aux conditions de prélèvements et au fait qu'une partie de ce tapis ait été prélevé lors de la récolte du quadrat. Dans ces végétations gazonnantes, le prélèvement est effectivement rendu difficile par la présence de feuilles et de débris sénescents que l'on insère probablement dans l'échantillon au moment du grappillage, après la fauche du quadrat (comme la masse volumique de l'herbe augmente du haut vers le bas du couvert herbacé (Duru *et al.*, 1998 ; Delagarde *et al.*, 2000)). Le prélèvement d'une fraction de tapis de stolons pourrait ainsi augmenter la biomasse prélevée et son taux de MS, pour un même différentiel de hauteur d'herbe, et donc *in fine* sa densité. Ces résultats montrent l'intérêt qu'il y aurait d'explorer plus finement le gradient de densité avec la hauteur du couvert (depuis le sol jusqu'au sommet de la canopée), afin d'adapter le protocole de mesure de la hauteur d'herbe pour prédire avec plus de précision la biomasse disponible, et ce en particulier pour les prairies de graminées tropicales.

Nos résultats ont montré que la densité n'apparaît pas dépendante de l'abondance du kikuyu (en % de la surface au sol) dans le couvert herbacé, et qu'une autre approche pour mieux caractériser les couverts est nécessaire. Une typologie de la composition floristique des couverts a montré que certains groupes d'espèces présentaient des densités différentes de la moyenne. Un groupe constitué de Ray-grass, de Flouve odorante et de Trèfle se distinguait par une densité inférieure de 50 kg MS /cm/ha ; un autre groupe constitué de Houllque laineuse et de Palatin se distinguait par une densité supérieure de 30 kg MS /cm/ha. Malheureusement, ces groupes d'espèces n'étaient observés que dans deux exploitations et restent trop peu représentés pour être inclus dans l'analyse. A l'avenir, il conviendra de maintenir actif le suivi de la composition floristique des parcelles afin de pouvoir, le cas échéant, introduire une variable décrivant les espèces dominantes du couvert dans la table de référence. Cette approche sera particulièrement utile lors l'introduction de légumineuses dans les prairies réunionnaises, comme engagée sous l'impulsion des filières locales.

La variabilité interannuelle n'a malheureusement pas pu être analysée avec fiabilité, compte tenu du déséquilibre des données. Or cet effet « année » qui reflète la variabilité climatique est essentiel à la prédiction de la croissance de l'herbe. Le suivi réalisé sur une période courte (2017 – 2019) a connu deux années climatiques différentes, avec une pluviosité sur la période janvier-février trois fois plus élevée en 2018 par rapport à 2019. Le maintien du suivi de la densité sur plusieurs années devrait permettre, à terme, de substituer à cet effet année des indicateurs climatiques pertinents (notamment la pluviosité) afin d'aboutir à une grille de densité encore plus générique.

La variabilité élevée de la densité entre exploitations et entre parcelles à l'intérieur de chaque exploitation est liée à des facteurs non maîtrisés lors de l'analyse de données. Certains facteurs probablement influant sont, à l'échelle de la parcelle, la nature et la composition des sols, la topographie, l'altitude (certaines exploitations ont des parcelles qui s'étendent sur un dénivelé de plusieurs centaines de mètres), la composition spécifique du couvert et l'âge de la parcelle, et à l'échelle de l'exploitation, la localisation géographique, le climat, ou la conduite des prairies (rotation, fertilisation) (Delaby *et al.*, 2001 ; Delaby *et al.*, 2010 ; Delagarde *et al.*, 2014).

3.2. L'utilisation de la grille de densité pour le conseil de terrain

L'étude a permis de proposer une grille de valeurs de densité de référence (Tableau 4), dans l'esprit et la démarche retenue par Defrance *et al.*, (2004). Quatre clefs d'entrées ont été retenues, le mois, la présence d'un tapis de stolons, la hauteur d'herbe avant fauche et le taux de MS. Le mois est apparu comme un pas de temps pertinent, au vu des fluctuations très rapides de densité

observées, notamment sur la période entre avril et juillet, lors du basculement de saison. Une table simplifiée est également disponible (non présentée) avec la saison en variable d'entrée.

Au moment de la mesure de la hauteur d'herbe d'une parcelle, le mois, la présence d'un tapis et la hauteur de l'herbe sont des informations déjà disponibles. Le taux de MS est un paramètre important, mais plus difficile d'accès, car il nécessite la réalisation de prélèvements, leur pesée et leur séchage. Ce paramètre peut cependant être estimé grâce à un modèle simple, à partir de la zone et du mois (Figure 4). Au total, cinq paramètres sont nécessaires pour estimer la densité du couvert et la croissance de l'herbe.

A terme, la table de densité et le modèle du taux de MS pourrait être intégrés dans un outil logiciel (sur smartphone par exemple), spécifique au contexte tropical, permettant à chaque technicien de terrain ou chaque éleveur d'estimer la croissance de l'herbe (kg MS /ha/j) directement sur les parcelles, une fois la mesure de la hauteur du couvert enregistrée. L'outil permettrait également de calculer automatiquement plusieurs indicateurs pertinents, en plus du taux de croissance journalier de l'herbe, pour l'amélioration de la gestion des parcelles de prairie au fil des saisons et en fonction des pratiques d'utilisation des couverts : rendement à l'hectare, stock d'herbe, nombre de jours d'avance, chargement animal (Miralles-Bruneau *et al.*, 2022). L'action de la recherche consisterait alors dans la mise à jour régulière de la table de densité (et du modèle d'estimation du taux de MS), en intégrant au fil du temps de nouvelles mesures, ou d'autres facteurs de variation.

Conclusion

Nos travaux ont permis l'élaboration d'une grille de valeurs de densité de référence pour les prairies de la Réunion, qui a été adoptée par l'ARP et permet aujourd'hui de produire chaque semaine des indicateurs utiles à la gestion des parcelles des éleveurs, dans le cadre de l'Observatoire de la croissance de l'Herbe.

Peu de travaux ont été publiés sur la densité de l'herbe et ses facteurs de variation. En France, les acteurs du développement utilisent généralement le chiffre de 250 kg MS / ha/cm, plus ou moins majoré ou minoré à dire d'expert (Defrance *et al.*, 2004). Ce constat effectué en 2004 est encore vrai aujourd'hui. L'Observatoire de la Croissance de l'Herbe de la Réunion est le premier à avoir été implanté en Outre-Mer (Miralles-Bruneau *et al.*, 2022). Un dispositif similaire a été mis en place récemment en Guyane. Ces Observatoires en Outremer viendront compléter les référentiels nationaux, et permettront d'élargir l'analyse de la dynamique interannuelle de la croissance de l'herbe pâturée, en lien avec les changements climatiques.

Ce travail a également permis d'identifier les investigations nécessaires pour estimer plus précisément la dynamique annuelle de la croissance de l'herbe, afin d'optimiser encore davantage la valorisation des ressources fourragères locales, de renforcer l'autonomie des élevages et réduire les importations d'intrants.

Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil Régional de La Réunion, le ministère français de l'agriculture et de l'alimentation, l'Union européenne (programme FEADER ET FEDER INTERREG V) et le CIRAD pour le financement de l'étude, dans le cadre des projets SIAAM (Services et impacts des activités agricoles en milieu tropical) et ECLIPSE (Emerging Crop-Livestock Production Systems adapted to a changing Environment). Ils remercient également E. Rivière (CIRAD) pour son appui dans l'évaluation de la composition floristique des couverts herbacés, ainsi que S. Nabeneza (CIRAD), pour son appui dans le traitement des échantillons de fourrage.

Article accepté pour publication le 17 mars 2022

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Averna J., Miralles-Bruneau M., Pellier Y., Tillard E., (2020). « Un observatoire de la croissance de l'herbe à la Réunion pour accompagner les éleveurs dans leur gestion de la ressource fourragère dans un contexte de changement climatique ». In : *Journées de Printemps 2020*, Produire des fourrages dans un contexte de changements climatiques, AFPF, 03-04/11/2020.
- Barbet-Massin V., Grimaud P., Michon A., Thomas P., (2004). "Guide technique pour la création, la gestion et la valorisation des prairies à la Réunion ». Plaine des Cafres, UAAP-CIRAD, 106 p.
- Battegay S., (2016a). « Protocole de mesure de la croissance de l'herbe », *IDELE*, 4 p.
- Battegay S., (2016b). « Protocole de mesure de la densité de l'herbe », *IDELE*, 4 p.
- Blanfort V., (1998). « Agroécologie des pâturages d'altitude à l'île de la Réunion : pratiques d'éleveurs et durabilité des ressources herbagères dans un milieu à fortes contraintes ». *Thèse de doctorat en Sciences*, Université de Paris-Sud, Montpellier, CIRAD-EMVT, 363 p.
- Blanfort V., Thomas P., Fontaine O., Rivière E., (2000). « La gestion agroécologique des prairies ». In *L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche*. *Collection Repères*, CIRAD - INRA - Région Réunion - CAH, Ile de la Réunion, 129 - 159.
- Choisis J.P., Grimaud P., Lassalle C., (2009). « Pratiques d'élevage dans les exploitations bovines allaitantes conduites sur pâturage dans les Hauts de la Réunion », *Inra Prod. Anim*, 22, 345-354.
- Cogranne T., (2018). « Création d'un observatoire de la croissance de l'herbe sur l'île de la Réunion ». *Mémoire de fin d'étude*. Purpan, CIRAD – ARP, Saint Pierre - 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 ». In : *XIème Renc. Rech. Ruminants*, INRA – IDELE, 11, 291-294.
- Delaby L., Peyraud J.L., Faverdin P., (2001). « Pâture IN : le pâturage des vaches laitières assisté par ordinateur », *Fourrages* 167, 385-398.
- Delaby L., Dubief F., Cassez M., Belot PE, Frèrejean L., Kerdoncuff L., (2010). « En Franche Comté, mieux connaître la croissance de l'herbe pour mieux gérer le pâturage », In : *XVIIIème Renc. Rech. Ruminants*, INRA – IDELE, 17.
- Delagarde R., Peyraud J.L., Delaby L., Faverdin P., (2000). « Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of the year, regrowth age and time of day ». *Animal Feed Science and Technology*, 84, 49-68.
- Delagarde R., Roca-Fernández A.I., Peyraud J.L., (2014). « Prairies multisécifiques avec ou sans chicorée : densité du couvert mesurée à l'herbomètre et composition chimique ». *Fourrages* 218, 177-180.

- Desmonière E., Delaby L., Pavie J., Leray O., Cahagniet A., (2019). « Méthodologie de création de l'Observatoire national de la croissance de l'herbe ». *Fourrages* 240, 289–294.
- Dos Santos A., Dubeux J., Dos Santos M., Lira M., Apolinario V., Costa S., Coêlho D., Peixoto T., Santos E., (2020). « Animal performance in grass monoculture or silvopastures using tree legumes ». *Agroforest Syst*, 94, 615–626
- Duru M., Ducrocq H., (1998). « La hauteur du couvert prairial : un moyen d'estimation de la quantité d'herbe disponible ». *Fourrages* 154. 173–190.
- Grimaud P., Thomas P., (2002). « Diversité des rations à base de graminées et gestion des prairies en élevage bovin sur l'île de la Réunion ». *Fourrages* 169, 65-78.
- Husson O., Michellon R., Moussa N., Charpentier H., Enjalric F., Naudin K., Rakotondramanana, Séguy L., (2012). « Fiches techniques plantes de couverture : légumineuses pérennes. Kikuyu *Pennisetum clandestinum* », In : CIRAD. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar*. Antananarivo, CIRAD, volume 3, 8 p.
- IKARE, (2013). « Rapport technique intermédiaire du projet SYSFOU », 32 p.
- Le Bourgeois T, Grand P, Jeuffrault E., (2001). « Les mauvaises herbes de la Réunion et leur identification ». In : *Dix-huitième conférence du COLUMA. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes*, 5-6-7- décembre 2001, Toulouse, France.
- Leleux M., (2016). « Etude prospective sur la ressource fourragère ». *Rapport d'expertise No. 3*, BRL ingénierie, La Réunion, 85 p.
- López-Díaz J.E., Roca-Fernández A.I., González-Rodríguez A., (2011). « Measuring Herbage Mass by Non-Destructive Methods : A Review », *Journal of Agricultural Science and Technology*, A1, 303-314
- Lorre F., (2019). « Evaluation du disponible fourrager à l'échelle de l'île de la Réunion et leviers pour une meilleure valorisation des surfaces fourragères », *Mémoire de fin d'étude*, ESA, CIRAD – INRAE, Saint Pierre - La Réunion.
- Miralles-Bruneau M., Pellier Y., Pierre P., Tillard E., Delaby L., (2022). « Le premier observatoire de la croissance de l'herbe en Outre-Mer : présentation du dispositif de la Réunion et des premiers résultats », *Fourrages* 249, pp 37-42.
- R Core Team., (2021). « R : A language and environment for statistical computing ». *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria, URL <https://www.R-project.org/>.
- Scherrer L., (2017). « Caractérisation des élevages bovins allaitants réunionnais par leurs pratiques et stratégies fourragères en vue d'améliorer le suivi et le conseil de ces exploitations », *Mémoire de fin d'étude*, ISTOM – CIRAD, Saint Pierre - La Réunion.