



**HAL**  
open science

# Étude de la densité d'une parcelle selon les espèces fourragères présentes pour une meilleure gestion du pâturage

Guillaume Bernard

► **To cite this version:**

Guillaume Bernard. Étude de la densité d'une parcelle selon les espèces fourragères présentes pour une meilleure gestion du pâturage. [Stage] France. Université de Poitiers, FRA. 2018, 38 p. hal-02787073

**HAL Id: hal-02787073**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02787073v1>**

Submitted on 5 Jun 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



## **RAPPORT DE STAGE**

Étude de la densité d'une parcelle selon les espèces fourragères présentes pour une meilleure gestion du pâturage

BERNARD Guillaume

Du 3 avril au 8 juin 2018

**Tuteur académique :** Monsieur Mohamed IBAZIZEN

**Maitre de stage :** Monsieur Vincent FURSTOSS, statisticien

**Etablissement :** Université de Poitiers, site de Niort

**Entreprise d'accueil :** Unité expérimentale FerLus – site des verrines - Lusignan

## Avant-propos

À la fin de la formation STID, nous devons faire un stage d'une durée de 10 semaines afin de mettre en pratique l'ensemble des connaissances plus ou moins théoriques acquises durant ces deux années. Aussi, il s'agit d'une opportunité pour nous faire découvrir le monde de l'entreprise et un aperçu d'un métier, dans mon cas le métier de statisticien ou chargé d'étude statistique.

Dans ce cadre-là, j'ai réalisé un stage du mardi 3 avril au vendredi 8 juin 2018 à l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) avec pour sujet de stage :

*Dans quelle mesure est-il possible d'estimer la biomasse présente sur une parcelle selon la hauteur d'herbe et les espèces fourragères présentes ?*

### Remerciements :

Je souhaiterais avant toute chose remercier les personnes qui ont contribué à la réussite de ce stage.

Tout d'abord je tiens à remercier mon tuteur enseignant Mohamed IBAZIZEN, chef du département STID à l'université de Poitiers, pour sa disponibilité et son écoute.

Je remercie vivement mon maître de stage : Vincent FURSTOSS, statisticien à l'INRA. Il m'a accompagné tout le long du stage, il m'a apporté de précieux conseils ainsi que son avis sur mon travail. Il m'a aussi permis de découvrir une partie du quotidien d'un statisticien, je le remercie aussi pour sa patience et la confiance qu'il m'a accordée.

Aussi, je remercie aussi Hugues Caillat, ingénieur systèmes caprins laitiers innovants à l'INRA pour m'avoir aidé à comprendre le contexte, les besoins métiers et pour ses explications relatives aux données que j'ai traitées.

Pour finir, je remercie l'ensemble des personnes travaillant à FerLus pour m'avoir fait découvrir l'agronomie et la biologie, deux domaines que je connaissais très peu.

# Sommaire

Introduction .....	1
I - INRA .....	2
I.1 - Histoire de l'INRA : Une nécessité pour l'agriculture française .....	2
I.2 - Ses missions.....	3
I.3 - L'unité Fourrage Environnement Ruminants .....	4
II - La mission : estimer la densité selon la composition botanique .....	5
II.1 - Les outils utilisés pour l'analyse des données .....	5
II.2 - Les données mises à disposition .....	5
II.2.2 - Quelles sont les données utilisées .....	5
II.2.1 - Comment calculer la densité et la biomasse.....	6
II.2.3 – Protocole d'obtention des données .....	7
II.3 - Analyse des données sur la biomasse .....	9
II.3.1 - Descriptif des données .....	9
II.3.2 – Relation biomasse-hauteur d'herbe et description de la densité.....	14
II.4 - Densité selon la composition botanique .....	18
II.4.1 - Rappel : Pourquoi utiliser les données de composition et hypothèses.....	18
II.4.2 - Description des données .....	18
II.4.3 – Créer un modèle pragmatique.....	21
II.4.4 – Analyse de la densité en fonction d'une seule variable de composition .....	21
II.4.5 - Analyse de la densité en fonction de plusieurs variables de composition .....	23
II.4.6 - Création du modèle .....	25
Conclusion.....	28
Bilan professionnel .....	29
Bilan personnel.....	29
Annexe .....	30
Lexique .....	32
Sitographie .....	33



## Introduction

La Nouvelle-Aquitaine est la plus importante région caprine française : 35% des chèvres laitières y sont élevées et l'industrie y transforme 50% du lait collecté en France. Le contexte économique se caractérise depuis 2008 par une flambée historique des coûts de production associée à un prix du lait incertain. L'enjeu des systèmes d'élevages est donc d'évoluer vers plus d'autonomie alimentaire et économique des élevages. Dans ce contexte l'INRA a mis en place en 2012, à Lusignan, le dispositif expérimental Patuchev, pour concevoir et évaluer la durabilité de systèmes d'élevage caprins utilisateurs de la prairie cultivée.

C'est dans ce contexte que l'estimation de la biomasse d'une parcelle est nécessaire. Elle permet à l'utilisateur, à l'éleveur d'estimer la quantité disponible pour le pâturage des animaux mais aussi de mesurer efficacement la consommation en biomasse des animaux. On peut ainsi mieux gérer l'utilisation de ses parcelles.

Afin d'estimer la biomasse pour un hectare, nous devons utiliser une relation connue, la biomasse est le produit de la hauteur d'herbe moyenne sur la parcelle et de la densité de cette parcelle en kilogramme de matière sèche par cm par hectare (aussi abrégée en Kg MS/cm/Ha).

Une valeur de la densité communément utilisée est 250 Kg MS/cm/Ha, ce chiffre a été estimé lors d'une analyse réalisée en Normandie il y a quelques années sur des prairies composées d'espèces fourragères telles que le Ray-Grass anglais et le trèfle blanc. On peut donc se demander si cette valeur est pertinente sur des prairies situées en Nouvelle-Aquitaine et composées essentiellement de Ray-Grass italien, de luzerne, de trèfle blanc et de trèfle violet.

L'estimation d'une ou plusieurs valeurs de la densité permettrait à l'utilisateur d'estimer rapidement et efficacement la biomasse disponible en ayant seulement besoin de mesurer la hauteur d'herbe moyenne sur leur parcelle.

## I - INRA

### I.1 - Histoire de l'INRA : Une nécessité pour l'agriculture française

L'INRA est l'Institut National de la Recherche Agronomique. Il mène des recherches au service d'enjeux de société majeurs.

Il a été fondé en 1946 avec pour but initial de répondre au besoin de nourrir la France dans une période post Seconde Guerre mondiale où l'agriculture française ne permettait pas de subvenir aux besoins du pays.

A partir de 1960 la production agricole est suffisante pour nourrir la France, l'Inra va s'implanter localement et élargir ses recherches aux domaines de la qualité des aliments (recherches en microbiologie) et de la transformation de la matière première agricole (science de l'ingénierie).

Depuis, l'INRA continue de développer ses recherches tout en recherchant à développer l'économie et l'autonomie de l'agriculture, notamment au vue du contexte économique difficile pour l'agronomie. Elle entretient des partenariats scientifiques avec de nombreux instituts de recherche scientifique en Europe et dans le monde.

Aujourd'hui l'INRA est le 2<sup>ème</sup> institut mondial pour les publications en sciences agronomiques et le premier en Europe. Il est composé de 250 laboratoires dont 48 unités expérimentales et d'une communauté de 12 000 personnes dont 8 165 agents titulaires, 1815 chercheurs titulaires, 2616 stagiaires accueillis et 522 doctorants rémunérés par l'Inra.



Dispositif territorial de l'Inra

## I.2 - Ses missions

L'INRA est rattaché à la fois au ministère chargé de la recherche et au ministère chargé de l'agriculture. Ses missions dépendent des besoins écologiques, sociétaux et économiques. Elles cherchent à répondre aux problématiques telles que le changement climatique, l'épuisement des ressources fossiles, la nutrition humaine, gestion des cultures. L'objectif principal est le développement d'une agriculture viable, c'est-à-dire adaptée aux besoins nutritionnels de l'homme tout en étant compétitive et respectueuse de l'environnement.

Les grandes missions confiées à l'INRA sont les suivantes

- Produire et diffuser des connaissances scientifiques
- Concevoir des innovations et des savoir-faire pour la société
- Éclairer, par son expertise, les décisions des acteurs publics et privés
- Développer la culture scientifique et technique et participer au débat science-société
- Former à la recherche et par la recherche.
- Elaborer la stratégie de recherche européenne et nationale

Ses missions sont réparties selon les centres de recherches et les différentes unités.

Les recherches de l'INRA s'articulent autour de différentes thématiques réparties au sein de 13 départements scientifiques :



## I.3 - L'unité Fourrage Environnement Ruminants

Mon stage se déroule au centre de recherche de Nouvelle-Aquitaine-Poitiers à l'unité FERLus (Fourrage Environnement Ruminants) située à Lusignan. Cette unité est divisée en dispositifs expérimentaux, en plateformes :

-PATUCHEV : Conception et évaluation des systèmes d'élevages caprins laitiers en valorisant les ressources du territoire, en respectant l'environnement et le bien-être animal tout en étant économiquement viable.

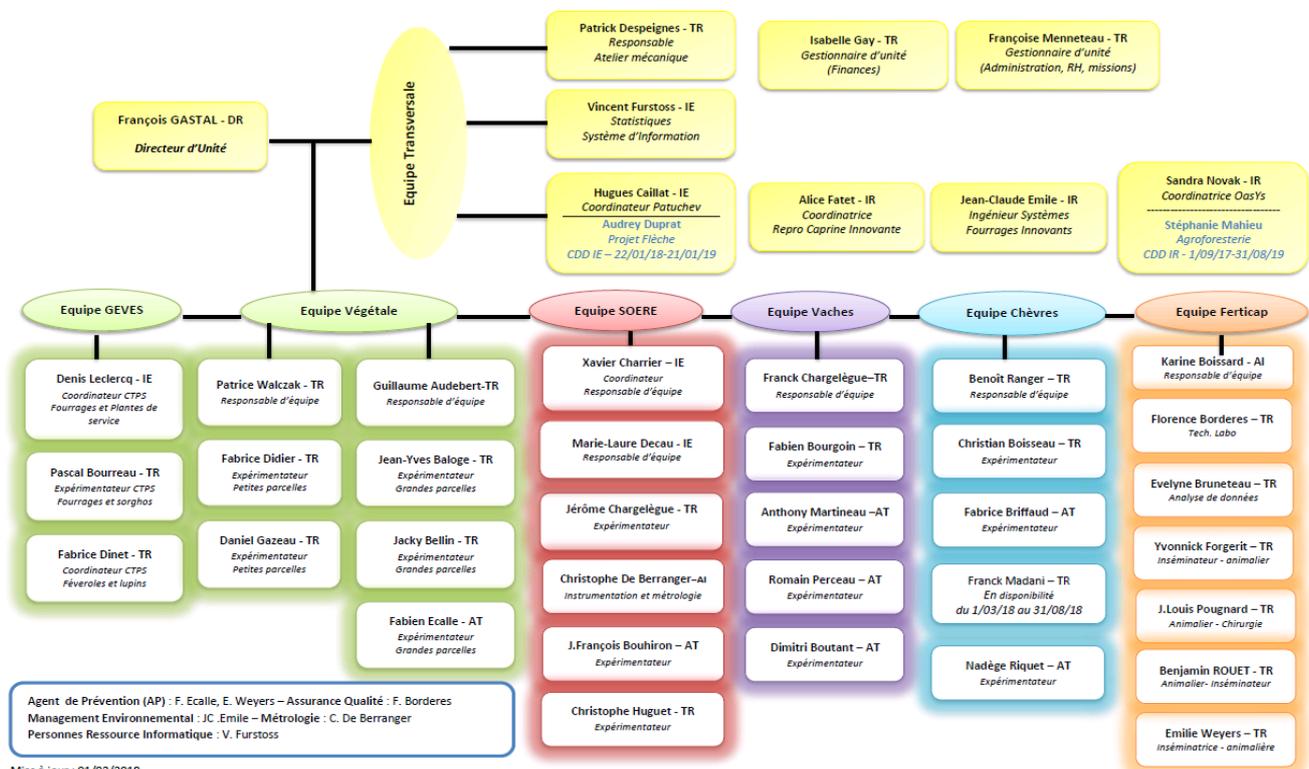
-SOERE : Système européen d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement. Dispositif d'observation et d'expérimentation pour la recherche en environnement sur l'agroécosystème de prairies semées, il évalue à long terme des pratiques de gestion agricoles diverses telle que l'alternance prairie-cultures sur la biodiversité.

-OASYS : Concevoir, mettre en œuvre et évaluer un système bovin laitier innovant. Le projet vise à produire du lait dans un contexte de contraintes et d'aléas climatique en économisant les ressources en eau et en énergie fossile en contribuant à une agriculture durable.

L'unité FERLus travaille avec divers partenaires tels que l'unité de recherche locale UR3F (Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères) qui fait partie de l'INRA, Geves (Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences) et avec de nombreux autres organismes.

### Organigramme de l'unité expérimentale :

#### UE Fourrages Environnement Ruminants - Lusignan



## II - La mission : estimer la densité selon la composition botanique

### II.1 - Les outils utilisés pour l'analyse des données

L'ensemble de mon travail à été réalisé sur un ordinateur tournant sous le système d'exploitation Linux. Les modifications des données (créations de champs calculés, correction des erreurs) ainsi que les analyses statistiques ont été réalisées avec le langage de programmation R, un langage open source, avec l'IDE (environnement de développement informatique) RStudio. Divers package ont été utilisé comme MASS ou dplyr. Pour les graphiques, j'utilise le package ggplot2, un package très utilisé pour les représentations graphiques.



**Linux**



### II.2 - Les données mises à disposition

#### II.2.2 - Quelles sont les données utilisées

Pour cette étude, deux fichiers sont mis à disposition. Le premier fichier correspond à 965 mesures de biomasses réalisées de 2013 à 2017, ces mesures permettront de calculer la densité et la biomasse à l'hectare pour chacune des mesures. Une ligne du fichier correspond à une mesure sur une bande sur une parcelle.

Le deuxième fichier correspond à 176 mesures de composition botanique d'une parcelle à une date donnée. Une ligne de donnée correspond à l'analyse de la composition botanique d'une parcelle à une date donnée, elle est réalisée sur un échantillon prélevé lors des mesures de biomasse.

Après avoir nettoyé les données, ces deux fichiers seront ensuite mis en commun afin de mettre en relation la densité et la composition botanique.



Liste des espèces fourragères présentes dans les parcelles sur lesquelles on a fait des analyses

### II.2.1 - Comment calculer la densité et la biomasse

La biomasse estimée sur une parcelle est le produit de la densité d'une parcelle et de la hauteur moyenne d'herbe sur cette parcelle, son unité est le Kilogramme de matière sèche pour un hectare.

Afin de mesurer la densité, nous avons besoin de faucher sur une certaine surface d'herbe et de calculer la hauteur prélevée. On doit ensuite récupérer l'herbe fauchée et la sécher afin de déterminer la quantité de matière sèche fauchée.

La formule de la densité est la suivante : 
$$\frac{\text{Quantité de matière sèche prélevée (KG)} * 10\ 000}{\text{Surface prélevée} * \text{Hauteur moyenne d'herbe prélevée}}$$

La quantité en matière sèche est obtenue en multipliant le poids de l'échantillon par la teneur en matière sèche de l'échantillon. Dans l'équation, la multiplication par 10 000 a pour but de rapporter les m<sup>2</sup> à l'hectare, la surface prélevée est le produit de la longueur et de la largeur de coupe. La hauteur d'herbe moyenne prélevée correspond à la différence entre la hauteur d'herbe avant la coupe et la hauteur d'herbe après la coupe.

Après avoir obtenu la densité et la biomasse, nous mettrons en relation ces données avec les données de composition botanique afin de voir si elles ont un impact sur la densité et

donc sur la biomasse. Si c'est le cas, nous devons changer la valeur classique de la densité qui est de 250 kilogrammes de matière sèche par centimètre par hectare.

### II.2.3 – Protocole d'obtention des données

Afin de calculer la biomasse et la densité, nous avons besoin d'estimer, de mesurer la hauteur d'herbe, pour cela nous allons utiliser un herbomètre. Comme son nom l'indique l'herbomètre est un outil permettant de mesurer à un point donné une hauteur d'herbe. On pose l'herbomètre au point voulu, il va compresser l'herbe. Le niveau de compression dépend de la rigidité des tiges de la végétation qu'il comprime. Il va ensuite afficher puis enregistrer la hauteur d'herbe mesurée ainsi que son écart-type. On peut supposer que pour certaines espèces, comme la luzerne dont les tiges sont assez rigides, que le niveau de résistance à la compression sera plus fort, cela aura pour conséquence une surévaluation de la hauteur d'herbe et donc une densité sous-estimée.



Herbomètre

Pour obtenir les données nécessaires aux calculs de la densité et de la biomasse, on a besoin de couper de l'herbe puis de peser cette herbe afin d'estimer la densité d'herbe coupée sur une surface. L'opérateur va dans un premier temps mesurer la hauteur d'herbe moyenne sur la parcelle en faisant 80 mesures à l'herbomètre à 80 points distants en forme de Z afin d'avoir des données représentatives de la parcelle.

Après avoir obtenu la hauteur moyenne de la parcelle, nous devons également estimer la biomasse. Pour cela, l'opérateur va créer 5 bandes en posant à 5 endroits différents des piquets avec une longueur entre les deux piquets d'environ 7 mètres. La longueur de la bande doit être placée perpendiculairement au sens de semence de la parcelle.

Puis il utilise une motofaucheuse avec une barre de coupe de 71 centimètres et d'une hauteur de fauche d'approximativement 4 cm pour couper entre les deux piquets, ce

prélèvement constitue la biomasse de la bande. La hauteur d'herbe est de nouveau mesurée, elle doit être théoriquement en moyenne de 4 cm. Dans les données obtenues entre 2013 et 2017, on ne coupait pas à une hauteur de 4 cm, la moyenne sera donc différente. En faisant la différence entre la hauteur moyenne avant coupe et la hauteur moyenne après coupe on obtient la hauteur moyenne d'herbe prélevée sur la bande.

Grâce à cette hauteur prélevée on peut calculer le volume d'herbe prélevé sur la bande qui correspond à la surface (longueur de coupe \* largeur de coupe) multipliée par la hauteur prélevée.

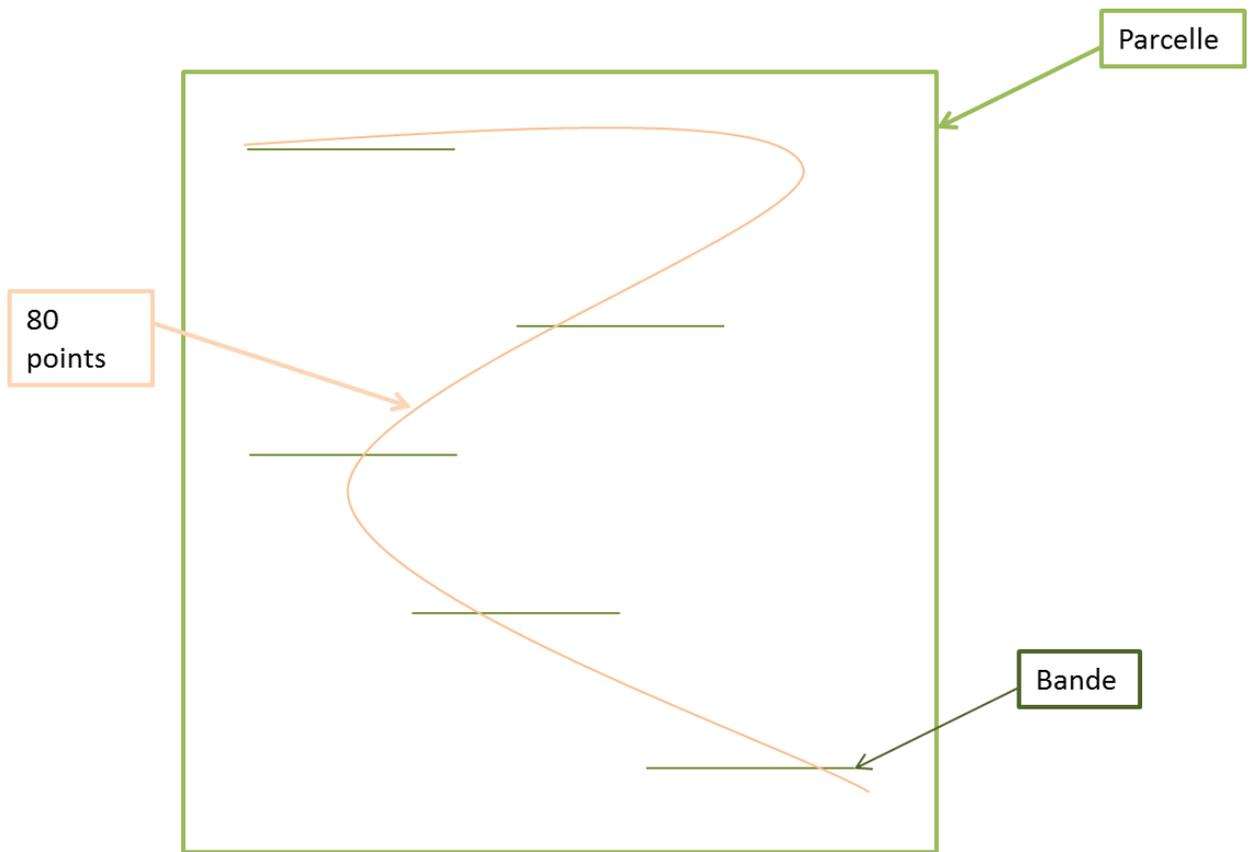
Pour finir on récupère le restant d'herbe coupée sur la parcelle que l'on place dans un grand sac. On place le sachet dans le grand sac, on pèse le tout, on obtiendra le poids en kilogrammes de matière verte contenue sur la parcelle analysée.

Pour finir, on extrait un échantillon de 450 g parmi la biomasse prélevée, cet échantillon est séché afin d'obtenir son poids en matière sèche, en rapportant ce poids au poids initial on obtient la teneur en matière sèche. Cette teneur nous permet d'estimer le poids en matière sèche de la biomasse récupérée sur les bandes.

Après avoir établi une valeur de la densité, il ne sera plus nécessaire de faire des échantillons de biomasses sur plusieurs bandes, seules les mesures de hauteur d'herbe sur 80 points seront nécessaires. L'utilisateur devra multiplier la hauteur moyenne d'herbe par la valeur de densité pour obtenir la biomasse disponible à l'hectare. Les coupes sur les bandes ainsi que les mesures sur celles-ci étant chronophage, on aura un gain de temps non négligeable.

Pour les données de composition, un sac contenant des échantillons prélevés à plusieurs endroits de la parcelle est récupéré. Les espèces contenues dans le sac vont être triées puis pesées afin d'estimer la composition dans la parcelle.



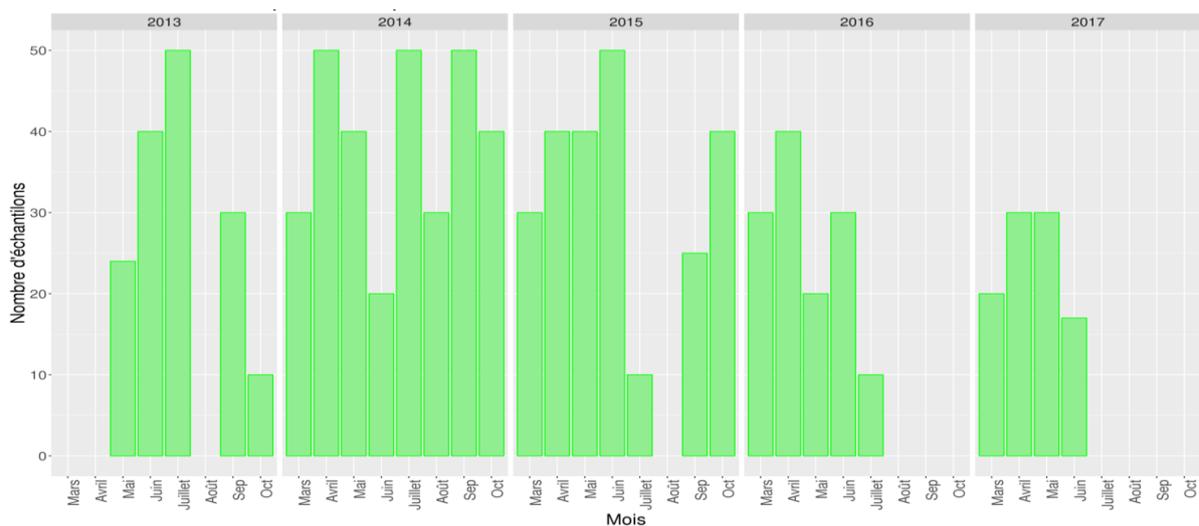


*Schéma présentant où sont réalisées les mesures sur la parcelle*

## II.3 - Analyse des données sur la biomasse

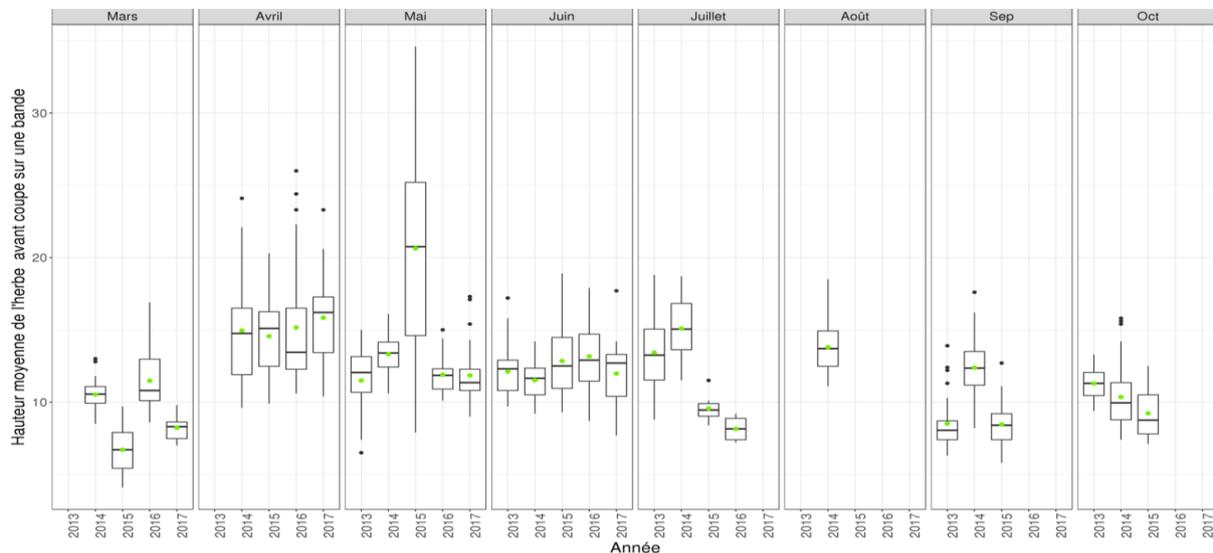
### II.3.1 - Descriptif des données

Afin d'étudier le lien entre la densité et la composition, il faut tout d'abord voir comment sont réparties nos données.



*Nombre d'échantillon par année et par mois*

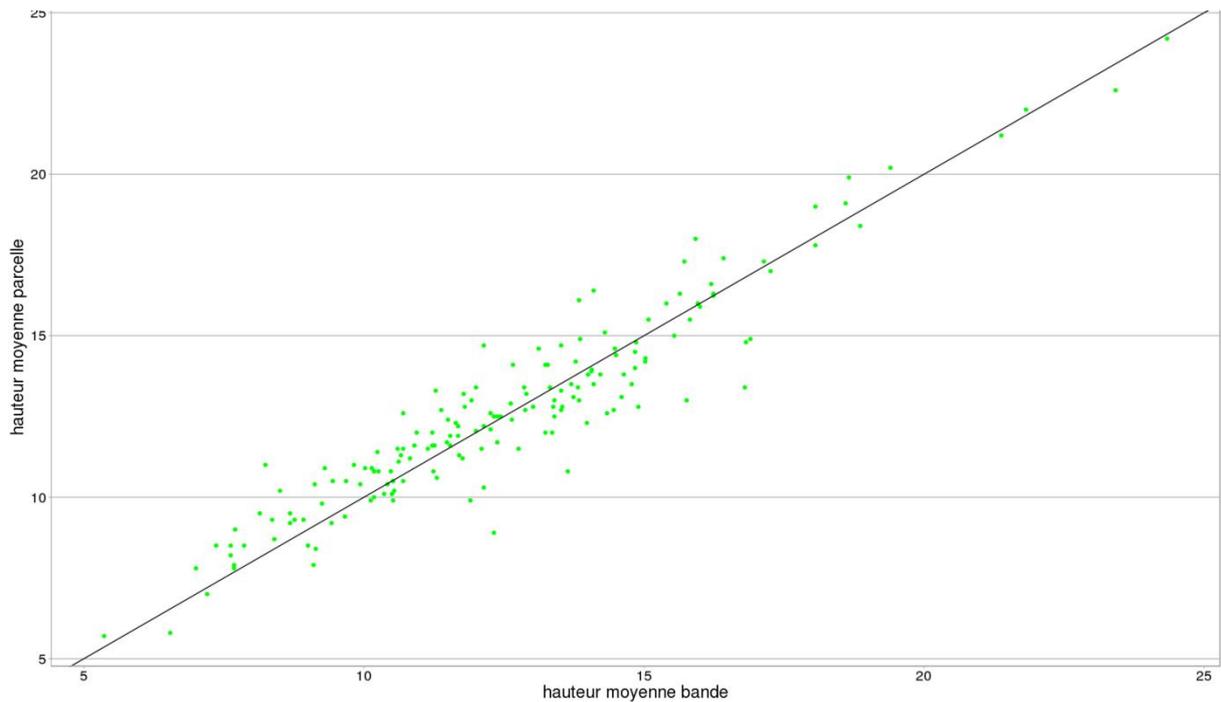
D'après cet histogramme, on remarque qu'il n'y a pas eu d'analyse au mois d'août sauf en 2014. L'absence de mesure en août est causée par le temps très sec qui implique une très faible croissance de l'herbe, couper à une très faible hauteur d'herbe et faire des mesures de biomasses n'est donc pas pertinent. Pour les années 2016 et 2017, on a des mesures uniquement pour les premiers mois de l'année.



Distribution en boxplot de la hauteur moyenne d'herbe avant la coupe sur une bande selon le mois et l'année (En vert la moyenne pour le mois)

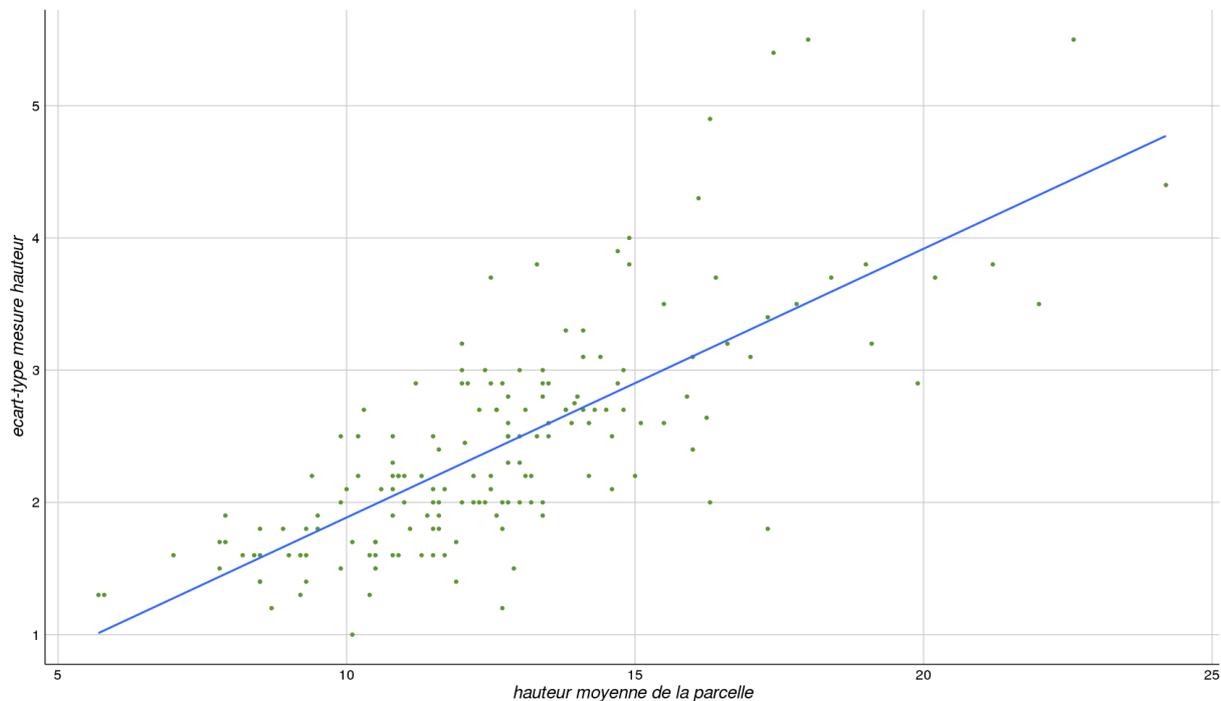
Le graphique ci-dessus montre la répartition en boxplot de la hauteur de l'herbe sur une bande avant la coupe. En comparant les données pour chaque mois selon l'année, on remarque que les hauteurs aux mois d'avril et juin sont semblables selon l'année, elles sont aussi assez similaires pour les mois de mai sauf en mai 2015 où on remarque une forte dispersion des données (ce qui s'explique par une fin de printemps et un été très sec). En ce qui concerne les mois de mars, juillet et septembre, on remarque que la hauteur a une forte dispersion selon l'année. On peut supposer que cette dispersion est en partie expliquée par le manque de données pour certains mois.

On peut se demander si la hauteur des différentes bandes de la parcelle est représentative de la hauteur moyenne d'herbe de la parcelle.



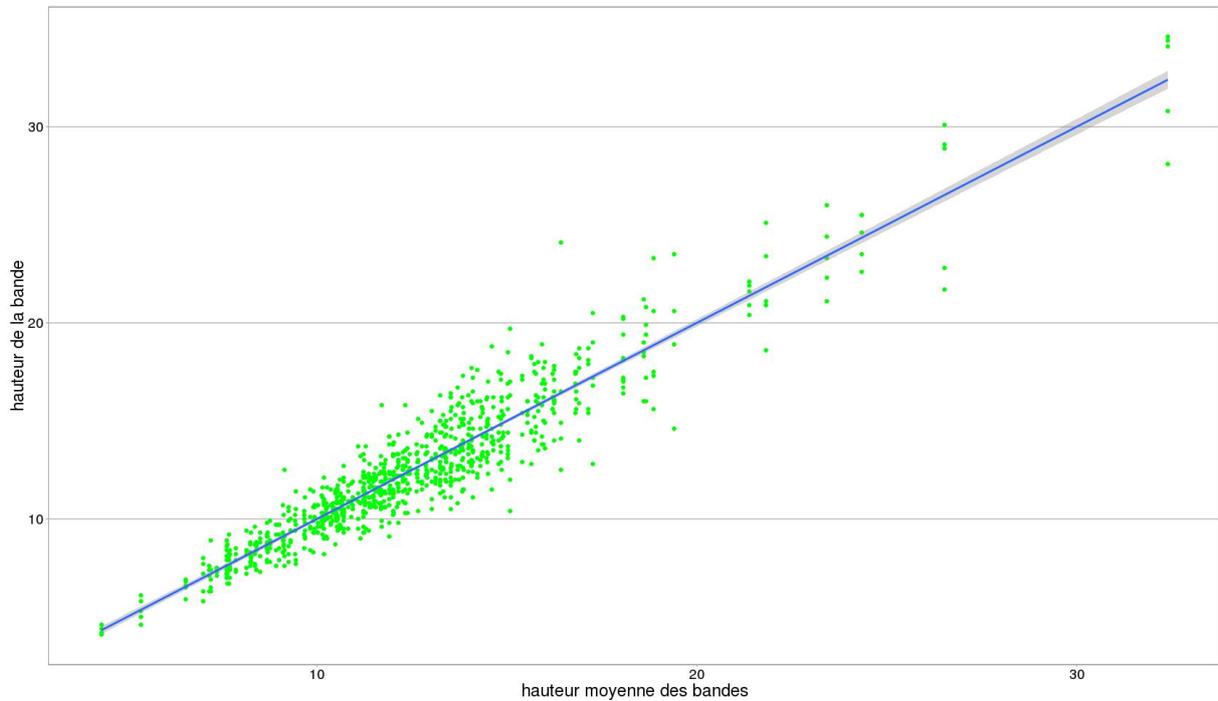
Hauteur moyenne de la parcelle selon hauteur moyenne des bandes (droite d'équation  $y = x$ )

Les points sont proches de la droite  $y=x$ , les bandes sont donc représentatives de la parcelle. De plus, on peut aussi se demander si l'écart-type des 80 points mesurés le long de la parcelle est liée à la hauteur d'herbe :



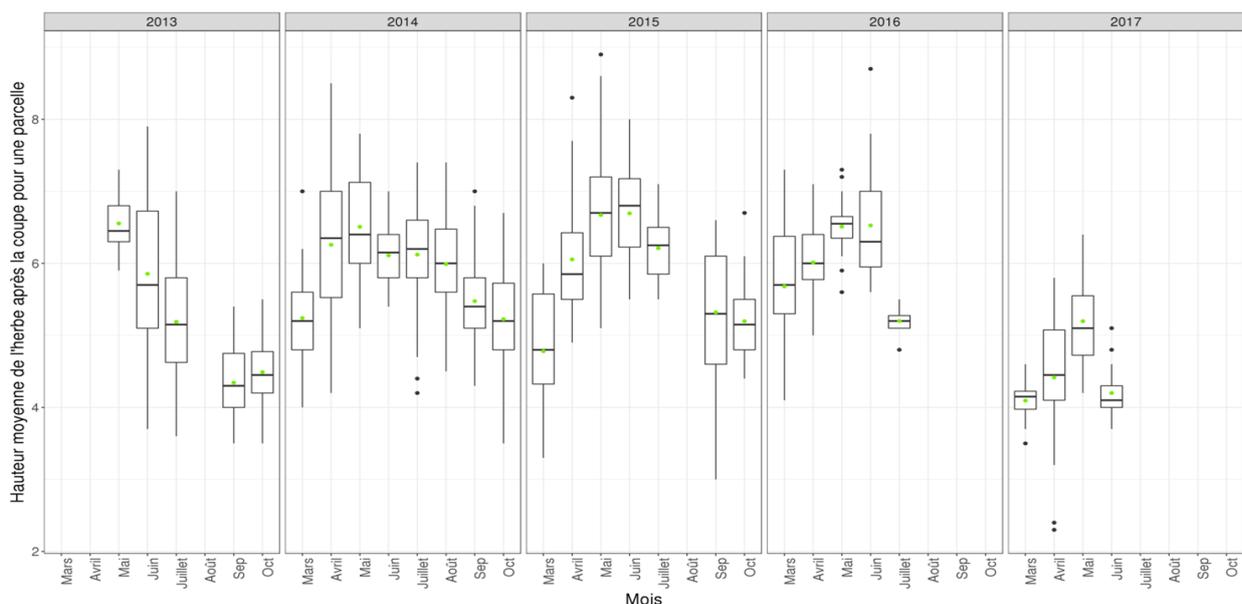
Nuage de points de l'écart-type des mesures de 80 points à l'herbomètre selon la hauteur d'herbe moyenne de la parcelle

Bien qu'il y ait une forte dispersion on peut approcher ce nuage de points par une droite avec un coefficient directeur positif, ce qui signifie que plus la hauteur d'herbe est élevée plus les hauteurs mesurées à l'herbomètre sont dispersées. On peut aussi visualiser ce phénomène en regardant la répétabilité de la hauteur, elle correspond à une analyse de l'homogénéité des hauteurs des bandes pour une date et une parcelle.



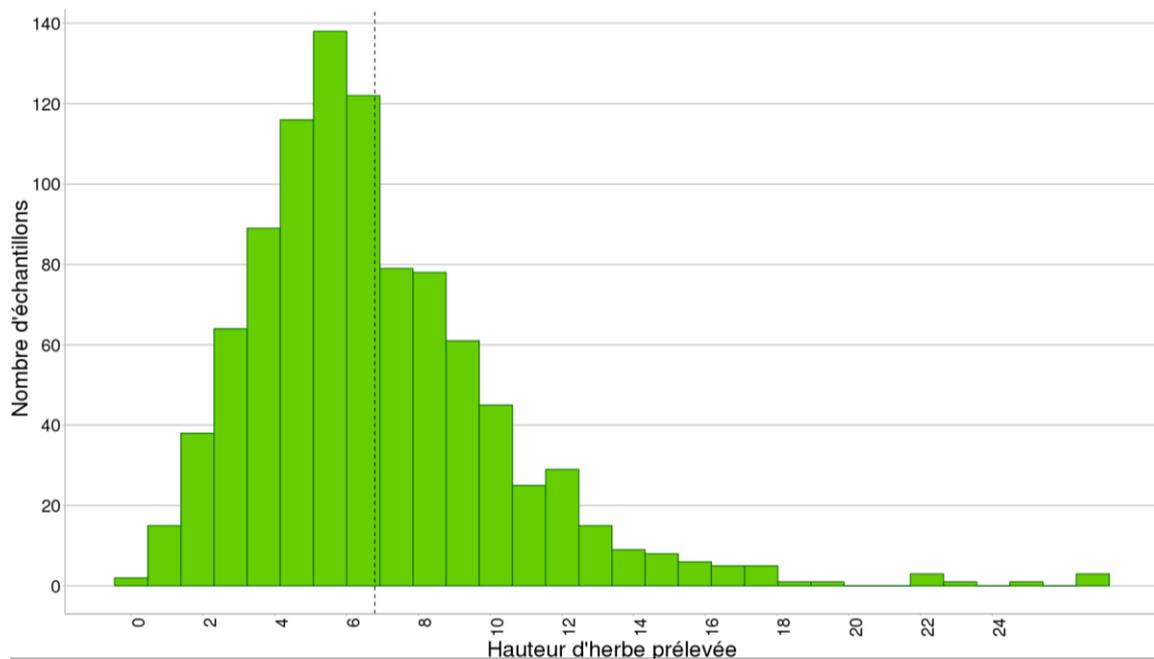
Nuage de point de la répétabilité de la hauteur d'herbe de la bande

La répétabilité de la hauteur est forte (89%), les hauteurs d'herbe des bandes sont très homogènes, on remarque comme sur le graphique précédent, qu'une forte hauteur d'herbe implique une forte dispersion.



Distribution en boxplot de la hauteur de fauche

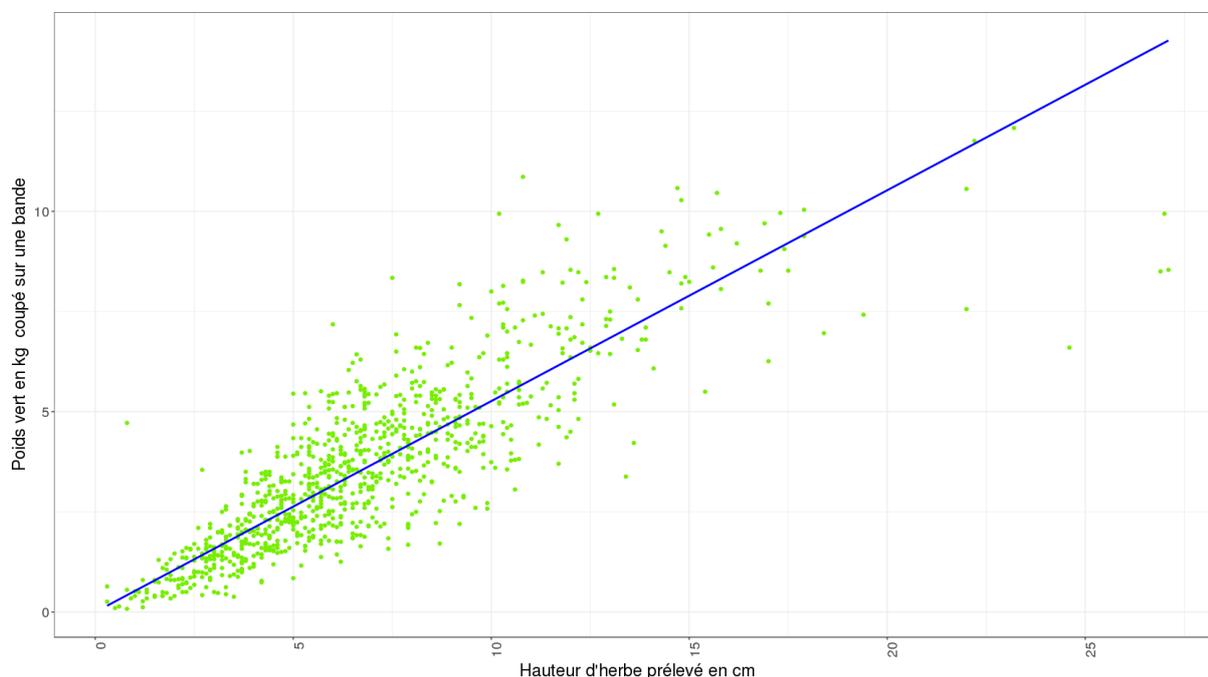
Cette distribution en boxplot montre la hauteur de l'herbe après coupe, donc la hauteur de fauche. En théorie (d'après le protocole), la hauteur après coupe devrait être d'environ 4 cm, mais comme on le voit sur le graphique, cette convention n'était pas respectée avant 2017, la hauteur de coupe n'était pas fixe, elle variait autour de 6 cm. Dans la pratique, il est assez difficile de bien calibrer la motofaucheuse pour respecter cette hauteur de fauche. De plus on sait que si la hauteur de coupe est trop haute, l'herbe repoussera vite et on devra la pâturer rapidement si on ne veut pas qu'elle soit trop haute et entraîner un refus de l'animal de pâturer.



Histogramme de la hauteur prélevée (en pointillés la moyenne)

On remarque que la plupart du temps on prélève entre 2 et 10 cm d'herbe mais on remarque aussi que plusieurs échantillons ont une hauteur prélevée soit très élevée soit très faible. Pour rappel la hauteur moyenne d'herbe prélevée sur une parcelle est la différence entre la hauteur moyenne d'herbe avant coupe et après coupe. Pour ces valeurs « extrêmes », la coupe a été réalisée soit trop tôt soit trop tard. En pointillés, en noir, la moyenne qui est de 6.71 cm.

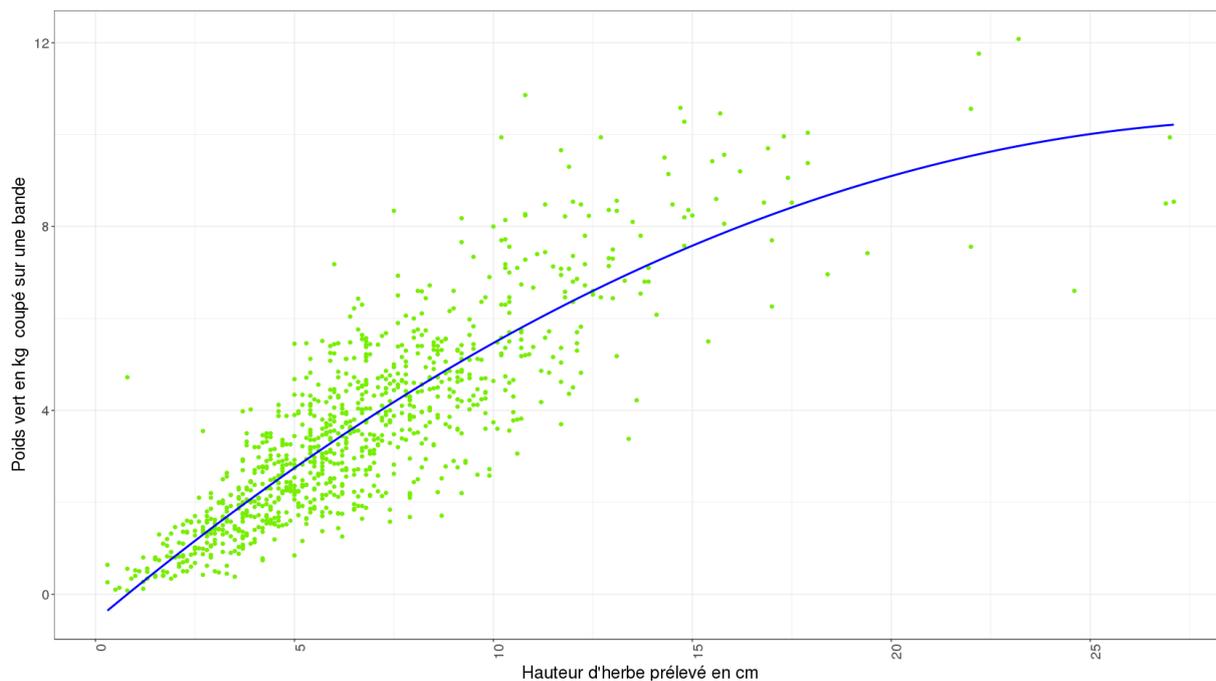
### II.3.2 – Relation biomasse-hauteur d'herbe et description de la densité



#### Quantité d'herbe récoltée sur une bande en fonction de la hauteur d'herbe prélevée

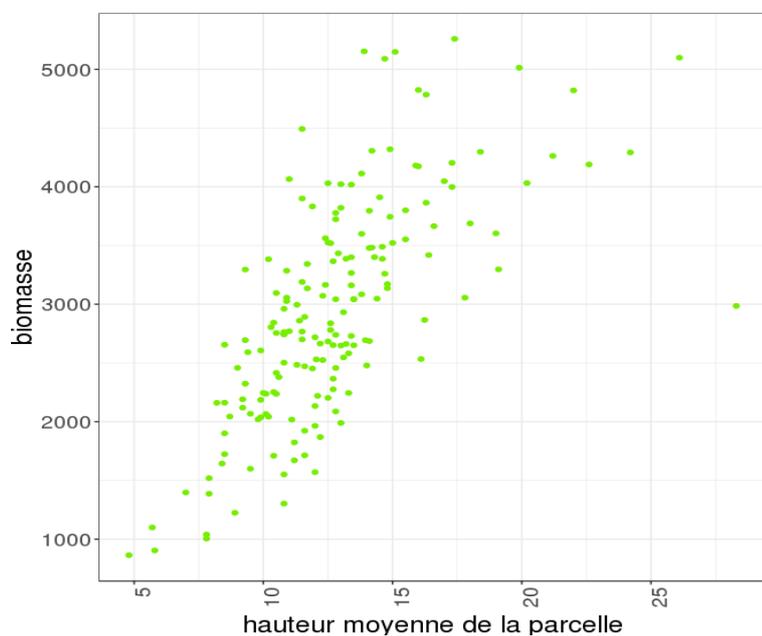
Ce graphique en nuage de points illustre la relation entre le poids de l'herbe coupée selon la hauteur fauchée, relation logiquement linéaire car plus la hauteur d'herbe coupée est élevée plus le poids de ce qui est prélevé est élevé. Le coefficient de corrélation est de 0.84, le lien est fort. J'ai ajouté au graphique une droite d'équation linéaire sans constante pour qu'elle puisse passer par l'origine car la logique veut que si l'on coupe 0 cm d'herbe alors on obtiendrait 0 kg de matière, le modèle a un coefficient de variation de 31,8% ce qui est élevé. On remarque que les points sont très proches de la droite si la hauteur prélevée est faible/moyenne malgré quelques points éloignés. Les points s'éloignent fortement de la droite lorsque la hauteur d'herbe prélevée dépasse les 18 centimètres environ.

Au vu de la tendance, on peut se demander si une droite de régression polynomiale de second degré ne serait pas plus pertinente.



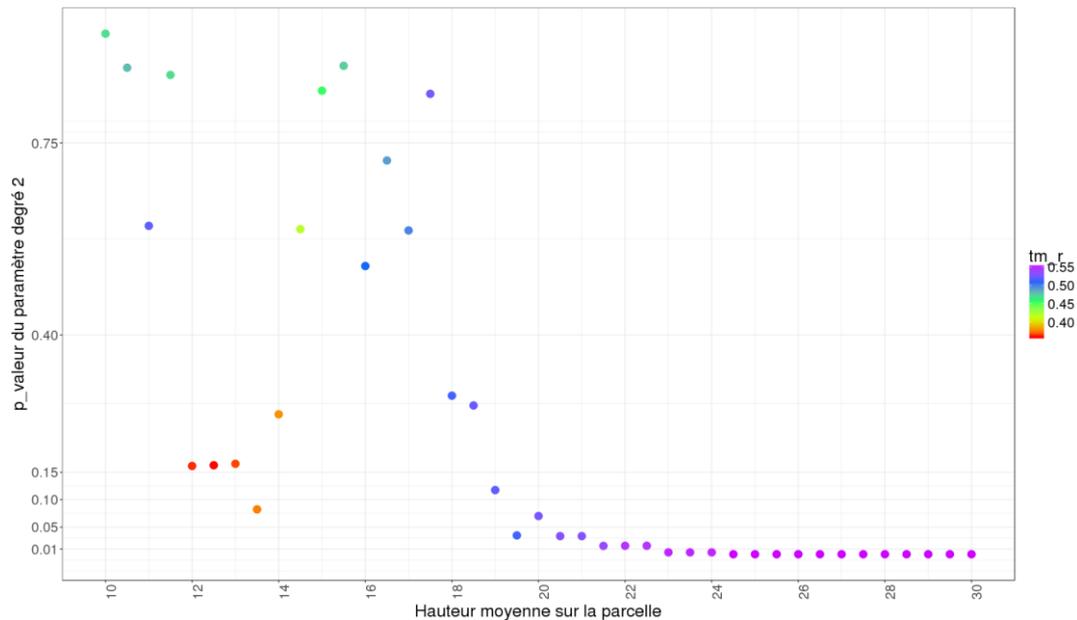
Ainsi la courbe approche mieux les fortes valeurs mais on observe tout de même un résiduel élevé à partir d'une certaine hauteur.

De plus si on prend la biomasse estimée pour un hectare en fonction de la hauteur d'herbe sur la parcelle, on obtient une courbe similaire :



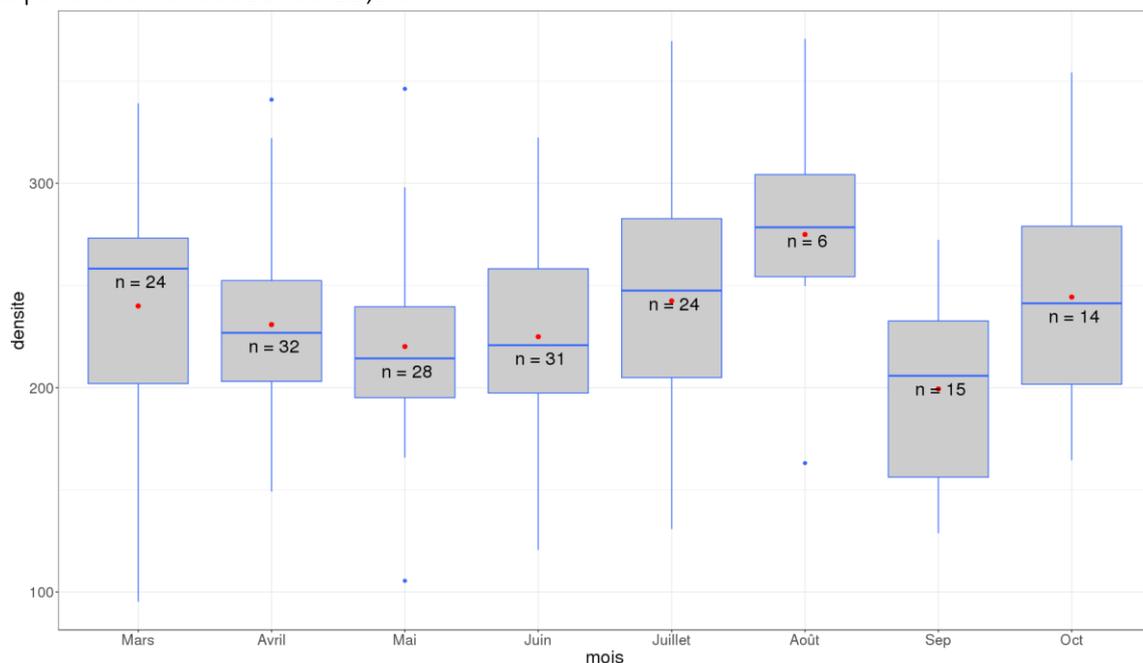
En approchant cette courbe par une courbe de régression polynomiale d'ordre 2, le paramètre second degré est significativement non nul et notre modèle explique 55.94% de la variation de la biomasse. On peut se demander à partir de quelle hauteur d'herbe moyenne de la parcelle, le modèle n'est plus linéaire.

Pour cela, j'ai fait une boucle, qui à chaque incrémentation, ajuste un modèle polynomial de second degré puis récupère la significativité du paramètre du second degré et le coefficient de détermination du modèle (biomasse pour un hectare en fonction de la hauteur d'herbe moyenne). Ce qui varie, c'est qu'à chaque incrémentation, on filtre le jeu de données selon une hauteur d'herbe maximale variant de 10 cm à 30 cm. Voici mes résultats :



Significativité du paramètre de second degré en fonction de la hauteur d'herbe maximale du jeu de donnée (en légende le coefficient de détermination du modèle avec le coefficient de 2<sup>nd</sup> degré)

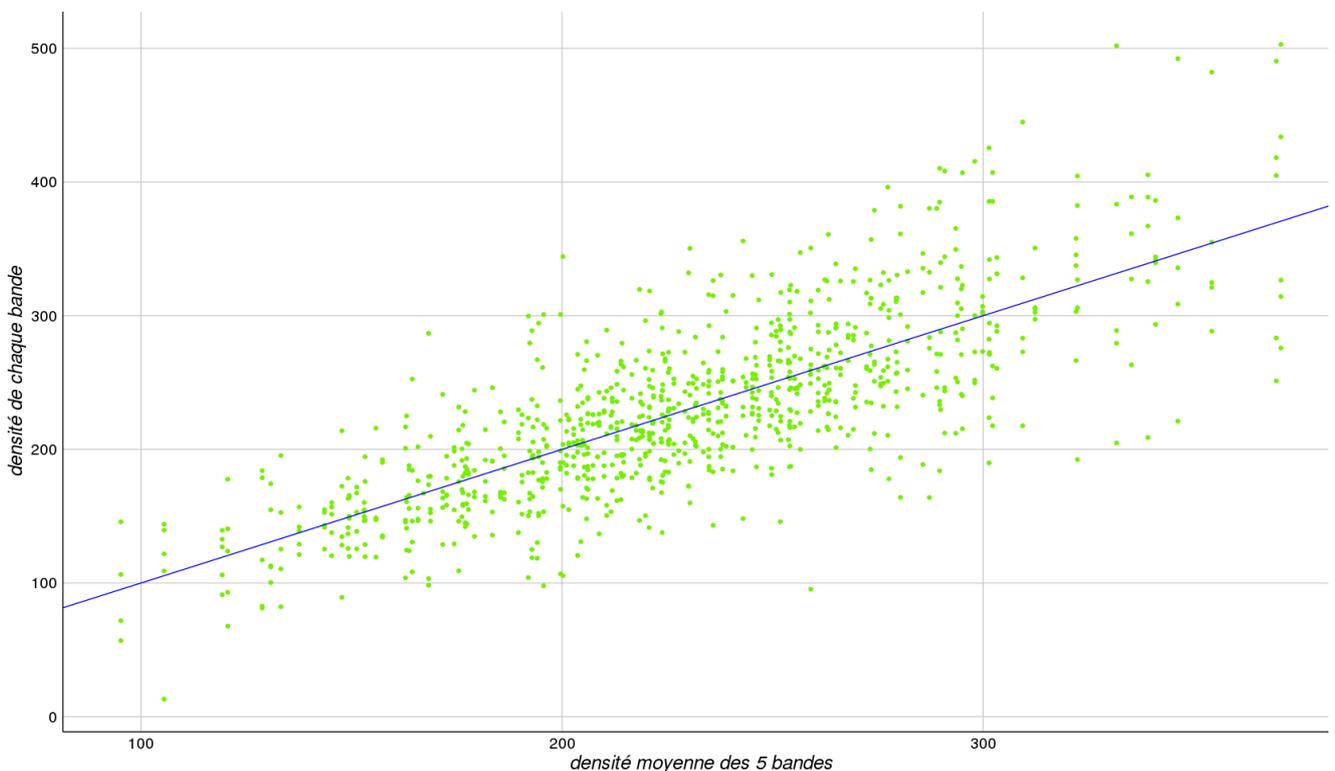
D'après ce graphique, le paramètre polynomial d'ordre 2 est significatif avec un risque de 5% à partir d'une hauteur de 19,5 cm.



Distribution de la densité (en Kg MS/cm/Ha) selon le mois (en rouge la moyenne)

On voit sur le graphique ci-dessus que la densité varie peu selon le mois, que la médiane est proche de la moyenne pour chaque mois. On remarque aussi que les mois de juin, juillet et août présentent une forte variation, donc les périodes chaudes de l'année avec des conditions climatiques assez variables. Pour le mois d'août, il faut aussi prendre en compte qu'on a très peu de données pour ce mois-ci et que les données ne proviennent que de 2014. On observe aussi 3 valeurs extrêmes en avril et en mai.

De plus, si on étudie la répétabilité de la densité, c'est-à-dire l'homogénéité de la densité de chaque bande, on obtient une répétabilité de 59.3% ce qui est moyen voire faible. Cela s'explique en partie, par le fait que les parcelles ne sont pas toute totalement planes, certaines ont un dénivelé. Lorsqu'il pleut, l'eau va faire descendre les semences et autres en bas de ce dénivelé et donc certaines zones auront reçu plus d'eau et de semences que les autres, leur densité sera alors plus élevée.



Nuage de points de la répétabilité de la densité

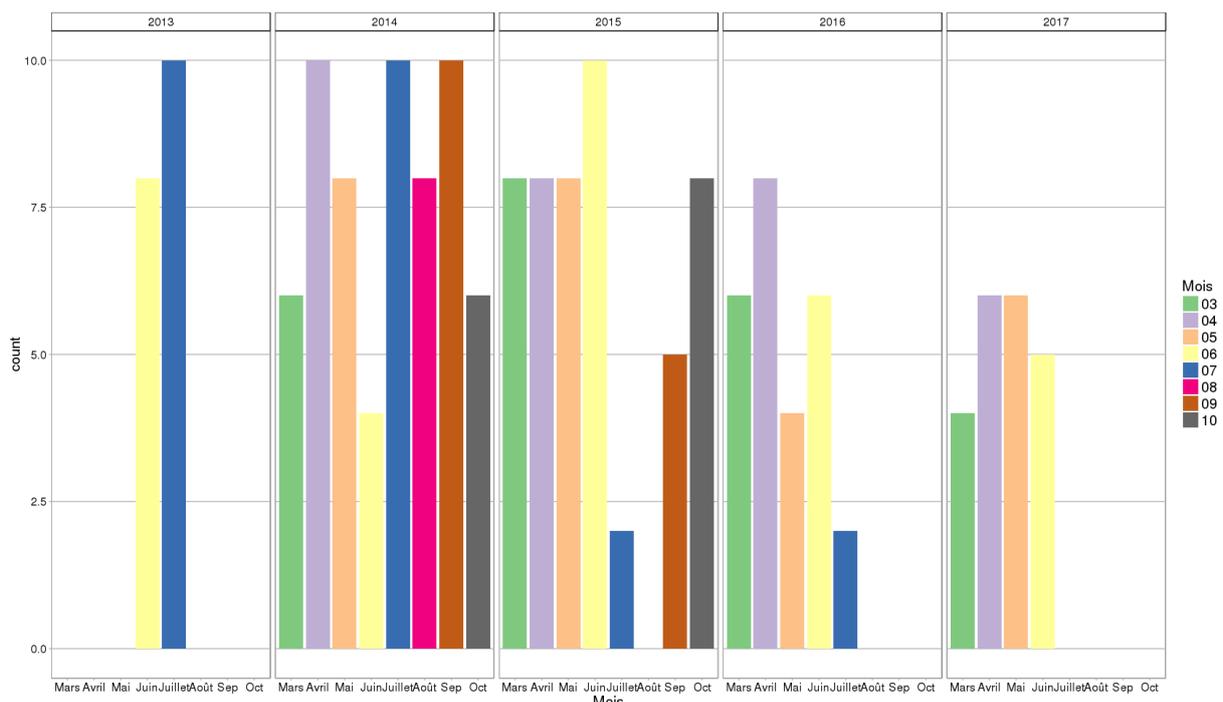
Les densités ne sont pas très homogènes le long de la parcelle, surtout pour les faibles et les fortes densités.

## II.4 - Densité selon la composition botanique

### II.4.1 - Rappel : Pourquoi utiliser les données de composition et hypothèses

Nous avons besoin des données de composition afin de répondre à la question : «la composition botanique d'une parcelle influe-t-elle sur sa densité ». Cette question s'est posée suite à l'hypothèse d'Hugues Caillat (ingénieur à l'unité FERLUS) qui était que la luzerne faussait la mesure de l'herbomètre car elle est plus rigide et haute que les graminées. Donc, quand on passe l'herbomètre sur une zone où est présente de la luzerne, l'herbomètre ne descendrait pas assez bas à cause de la rigidité de la luzerne, la hauteur enregistrée sera biaisée, un effet similaire est attendu pour le trèfle violet qui possède une longue tige. Si la hauteur est surévaluée alors d'après la formule, la densité calculée sera plus faible. On va donc voir si la luzerne et les autres variables de la composition ont un impact significatif sur la densité.

### II.4.2 - Description des données



Nombre d'échantillon par mois selon l'année (nombre total de données : 174)

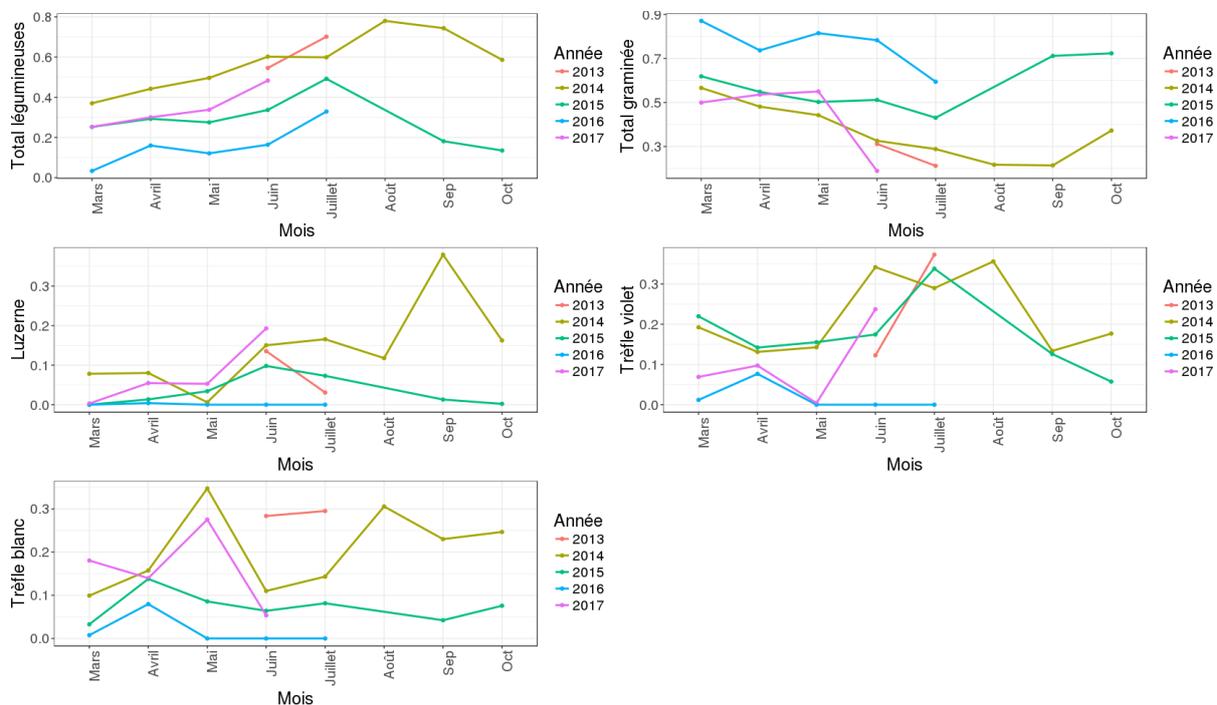
La répartition des mesures est similaire à celle des mesures de densité, ce qui est logique car normalement les estimations de compositions sont réalisées le même jour que les mesures de biomasse sinon quelques jours plus tard afin que l'échantillon prélevé ne sèche pas. Cependant, on remarque, par exemple qu'en 2013, nous avons des données de composition uniquement pour les mois de juin et juillet alors que sur le fichier de biomasse, nous avons aussi des mesures pour les mois de mai, septembre et octobre. Cela s'explique

par le fait qu'au début des mesures de biomasse, il n'y avait pas systématiquement de mesures de composition.

Variable	Minimum	1 <sup>er</sup> Quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> Quartile	Maximum
Luzerne	0	0	0,4	7,9	7,5	86,1
Trèfle violet	0	0	7	16,2	26,5	85,8
Lotier	0	0	0	0,5	0	46,5
Trèfle Blanc	0	0,3	7,5	14,7	25,6	75,3
Sainfoin	0	0	0	0	0	0,2
Coronille	0	0	0	0	0	0,1
Total Légumineuse	0	18,3	42,7	40,5	59,8	93,1
Ray-grass italien	0	0	0,1	10,4	20	58,2
Total graminée	0	29,2	47,6	48,3	67,8	100
Plantain	0	0	0	0,9	0	37
Chicorée	0	0	0	1,2	0	42,9
Adventices	0	0,8	6,7	8,8	12,9	49,5
Sénescent	0	0	0	0,3	0	15,1

Tableau de résumé des données de composition (en % de matière verte sur les parcelles)

D'après le tableau des compositions, certaines espèces fourragères ne sont pas présentes dans au moins 75% des parcelles. Leur représentativité étant très faible, on n'utilisera donc pas les variables : lotier, sainfoin, coronille, plantain, chicorée et sénescent.



Selon ce graphique, la présence de légumineuses est inversement proportionnelle à celle des graminées, ce qui d'un point de vue agronomique est attendu. De mars à juillet, le nombre de légumineuse augmente et le nombre de graminée diminue. On remarque aussi qu'il y avait très peu de légumineuse en 2016.



### II.4.3 – Créer un modèle pragmatique

D'un point de vue statistique il est pertinent de corriger la densité en fonction du niveau de ces variables de composition. Cette correction permettrait d'obtenir une valeur de biomasse offerte plus juste que si l'on utilise une densité standard. Etablir une relation linéaire entre le niveau de composition et la densité impose à l'utilisateur de faire une estimation relativement précise de la composition en question ce qui est chronophage et assez peu justifié étant donné le lien plutôt très grossier.

D'un point de vue pratique nous proposons donc de déterminer un seuil de composition qui permettrait de maximiser la différence entre les valeurs de densités en deçà et au delà de ce seuil.

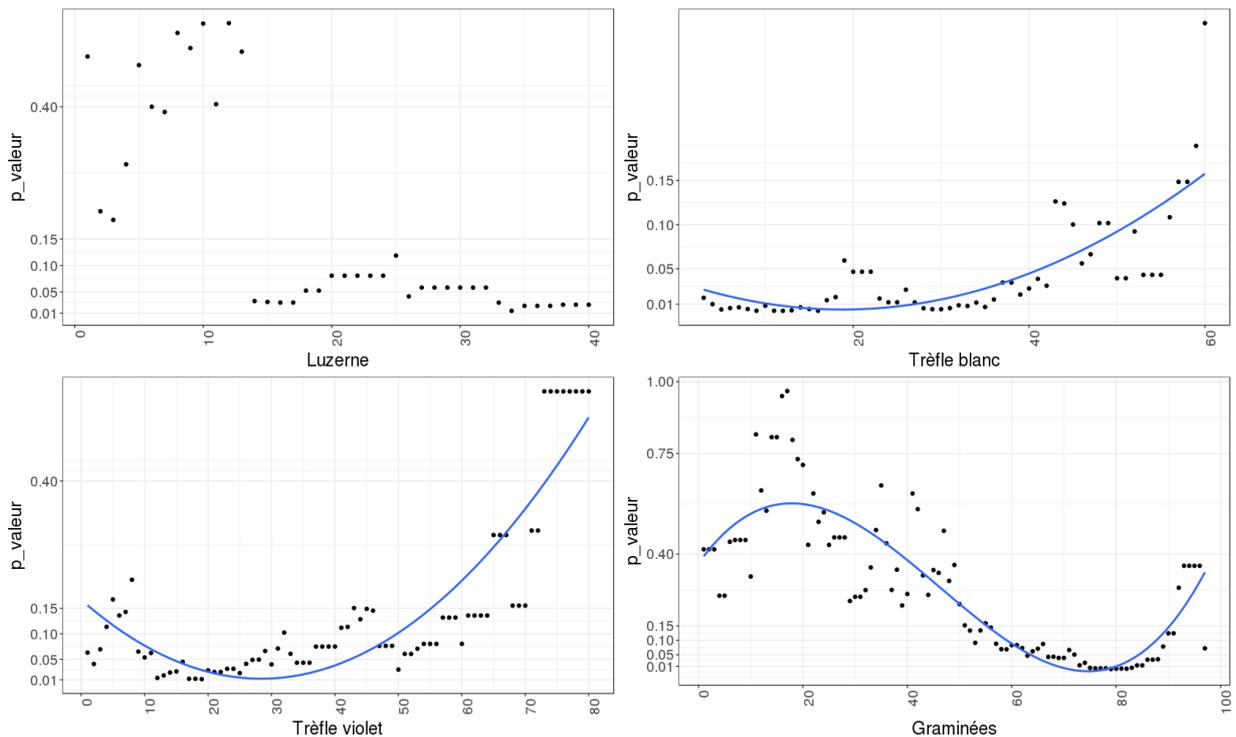
Ainsi l'utilisateur n'aurait qu'à déterminer dans quel cas il se situe:

- en deçà du seuil il applique une valeur de densité que nous allons calculer
- au delà du seuil il utilise une autre valeur de densité

### II.4.4 – Analyse de la densité en fonction d'une seule variable de composition

Au vu de la répartition de la densité selon les légumineuses, nous allons créer 2 classes pour chaque légumineuse. Afin de créer ces classes, nous allons tester plusieurs seuils  $s$  variant de 0.05 au maximum de la variable. On va ensuite comparer les densités calculées au dessus et au dessous de ce seuil et voir grâce à un test de student de comparaison de moyenne, si la présence plus ou moins forte de cette variable a un impact significatif sur la densité. Le principe de ce test de student est de poser l'hypothèse  $H_0$  : il n'y a pas de différences de densité entre les deux classes.

On obtient la  $p$ \_valeur du test pour chaque seuil (la  $p$ \_valeur est la probabilité d'accepter l'hypothèse nulle) puis on fait un graphique pour visualiser la  $p$ \_valeur en fonction du seuil choisit. Cela nous permet de voir quel seuil de composition maximise la différence de densité ou à partir de quel seuil les deux classes ont une différence significative de densité au risque d'erreur de 5%.

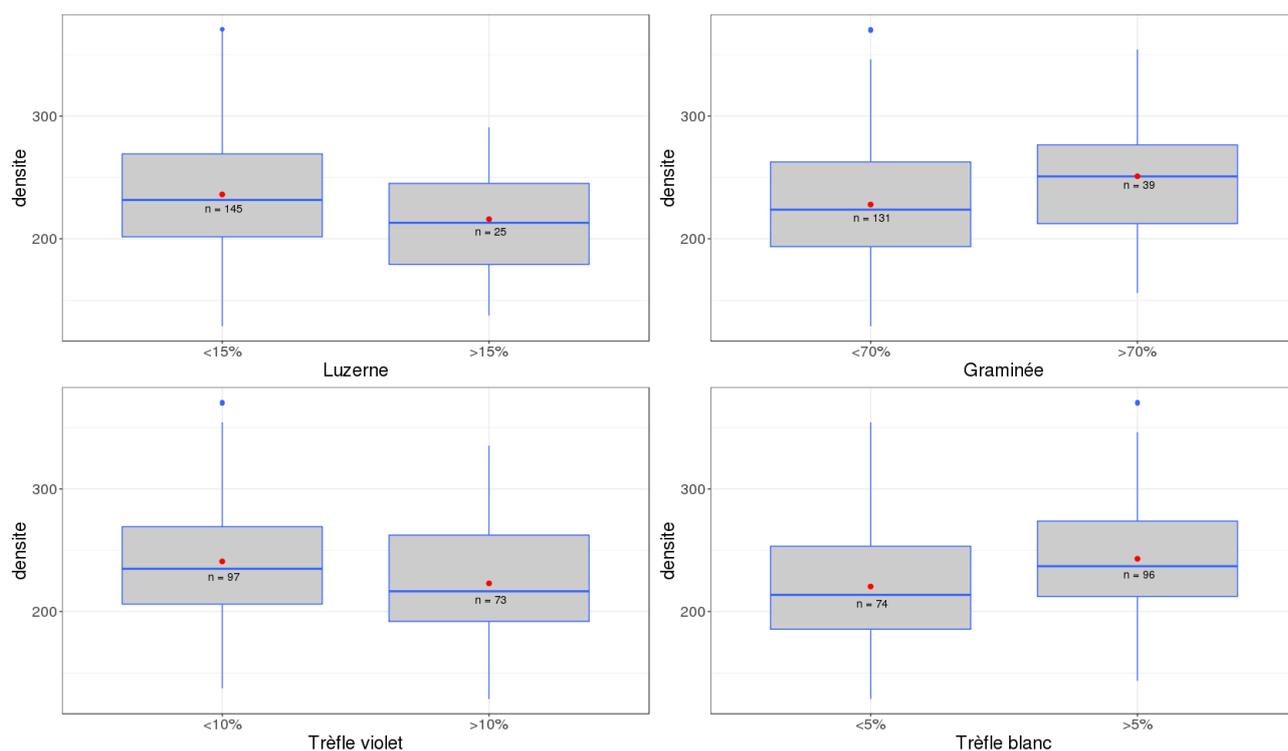


*p\_valeur du test de différence des densités selon le seuil  $s$  qui coupe la variable en deux classes  
(on approche le nuage de point par une courbe de régression polynomiale adaptée)*

Par exemple, pour la luzerne, nous remarquons une diminution forte de la  $p\_valeur$  à partir de 15 % de Luzerne dans l'échantillon. A ce seuil la probabilité d'accepter l'hypothèse  $H_0$  (les moyennes de densité des deux classes sont identiques) est inférieure à 5%. La densité des parcelles avec moins de 15% de luzerne est donc significativement supérieure à la densité des autres parcelles.

Nous décidons donc de créer deux classes séparées avec un seuil de luzerne de 15%. Pour les autres variables on peut hésiter sur la valeur taux pour laquelle la  $p\_valeur$  est en dessous de 5%, on remarque que l'on peut approcher les points par une courbe polynomiale du second degré, dans le but d'approximer de manière mathématique les seuils pour lesquels le test est significatif au risque 5%.

Ainsi pour le trèfle blanc le seuil est 5%, pour le trèfle violet 10% et pour le total graminée 70%. Pour chacune de ces espèces fourragères, je vais créer une variable qualitative qui aura pour valeur : `low_nomEspèce` si la parcelle est en dessous du seuil estimée pour la variable, sinon `high_nomEspèce`. Par exemple, pour une parcelle ayant plus de 5% de trèfle blanc, la variable `TBcat` aura pour valeur `highTB`.



Boxplot de comparaison de la distribution de la densité selon la classe de la variable (en rouge la moyenne)

Espèce fourragère	Seuil	Probabilité d'accepter l'hypothèse H0	Densité <seuil	Densité >seuil	R <sup>2</sup>
Luzerne	0.15	0.0416	236.171	215.986	0.02026
Trèfle blanc	0.05	0.0037	220.433	243.047	0.04982
Trèfle violet	0.10	0.0251	240.880	223.002	0.03104
Total graminée	0.70	0.0099	227.916	250.96	0.03721

## II.4.5 - Analyse de la densité en fonction de plusieurs variables de composition

Maintenant, on peut se demander si on peut créer un modèle prenant en compte plusieurs espèces fourragères à la fois.

Pour savoir quelles variables utiliser, nous allons faire une régression pas à pas (stepwise regression). Il s'agit d'un algorithme qui à chaque étape du procédé ajoute au modèle la variable la plus significative (méthode forward) ou supprime la moins significative (méthode backward), il calcule ensuite le critère d'information d'Akaike ( $AIC=2k-2\ln(L)$  avec k le nombre de paramètres à estimer et L le maximum de vraisemblance du modèle), si l'AIC de ce modèle est plus faible que le précédent il continue, le meilleur modèle sera celui avec l'AIC le plus faible.

Dans un premier temps j'ai réalisé une stepwise regression sur un modèle de densité en fonction de toutes les variables non calculées disponibles hormis les variables qui ont trop peu de présence et le ray-grass italien. Grâce à cet algorithme on pourra savoir quel sera le modèle le plus viable et donc savoir quelles sont les variables à conserver.

```
Call:
lm(formula = d2$densite ~ d2$TB + d2$tot_grami.v)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-100.979  -35.062   -3.304   31.753  131.804

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    191.49     10.18  18.810 < 2e-16 ***
d2$TB           91.40     22.30   4.098 6.48e-05 ***
d2$tot_grami.v  57.40     16.02   3.583 0.000445 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 47.63 on 167 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1167, Adjusted R-squared:  0.1062
F-statistic: 11.04 on 2 and 167 DF,  p-value: 3.149e-05
```

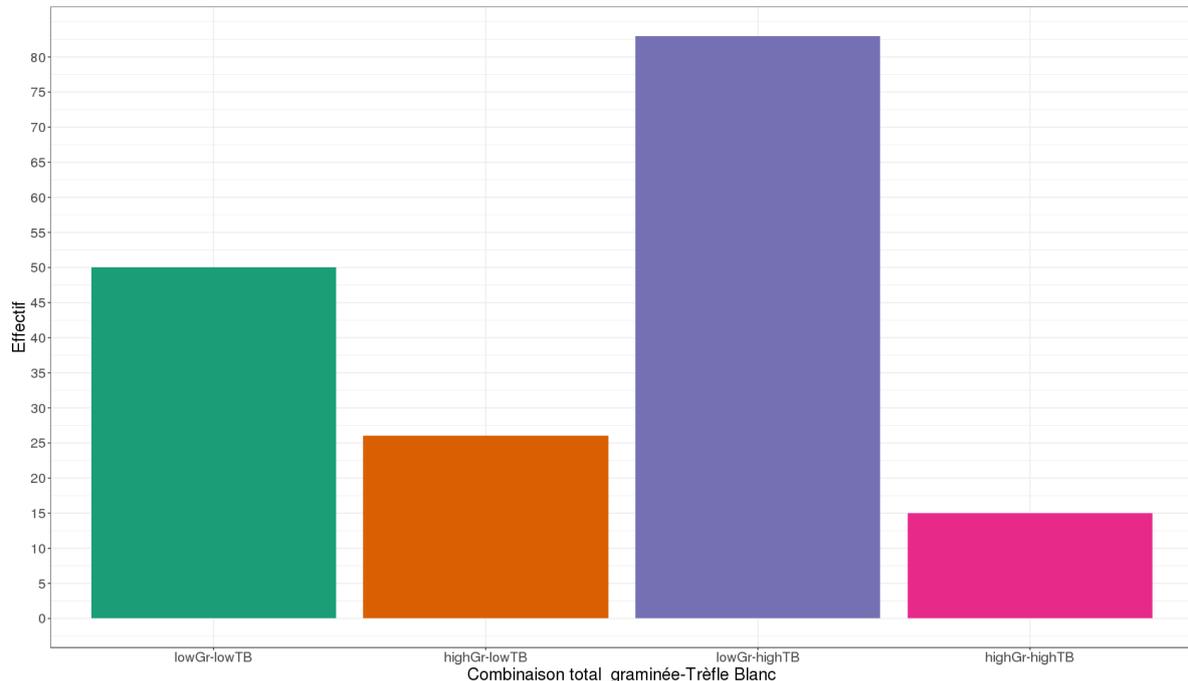
#### Régression linéaire multiple avec les variables gardées par l'algorithme de régression pas à pas

Le modèle ne retiendra que deux variables de la composition : le trèfle blanc et le total de graminée. Ces deux variables sont corrélées positivement à la densité.

Ainsi pour créer un modèle qui nous permettra d'estimer la densité en fonction des variables de densité de manière simple, nous allons faire une régression factorielle entre la densité et les classes des variables du trèfle blanc et du total graminée. Afin d'étudier l'impact de la combinaison des deux variables, j'ai créé une variable calculée grâce à la fonction interaction qui permet de concaténer deux variable ou plus, dans notre cas, la catégorie trèfle blanc et la catégorie du total graminée.

Par exemple pour une parcelle ayant plus de 70% de graminée et moins de 5% de trèfle blanc alors la nouvelle variable aura pour valeur « highGr-lowTB »

## II.4.6 - Création du modèle



Histogramme des effectifs des différentes modalités de la variable créée

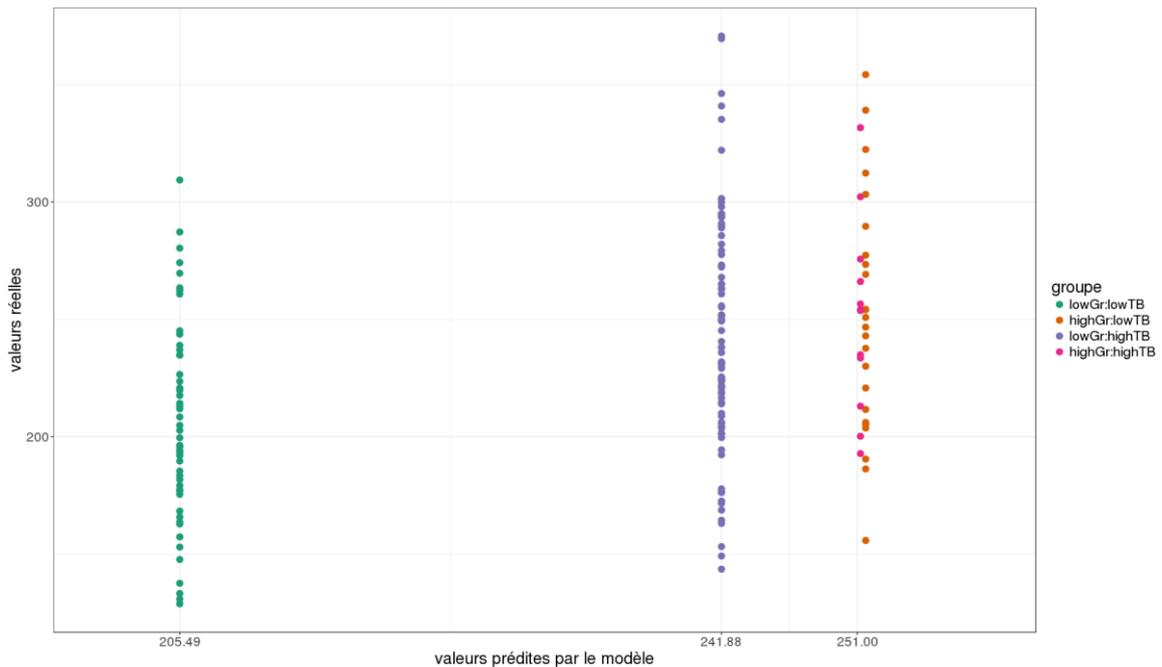
```
Call:
lm(formula = d2$densite ~ d2$interaction)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-98.299 -31.632  -4.335   30.159 128.813

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      205.489     6.697   30.686 < 2e-16 ***
d2$interactionhighGr:lowTB    46.076    11.759    3.918 0.00013 ***
d2$interactionlowGr:highTB    36.390     8.458    4.302 2.88e-05 ***
d2$interactionhighGr:highTB   45.727    15.222    3.004 0.00308 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 47.35 on 166 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1322, Adjusted R-squared:  0.1165
F-statistic: 8.431 on 3 and 166 DF, p-value: 3.011e-05
```

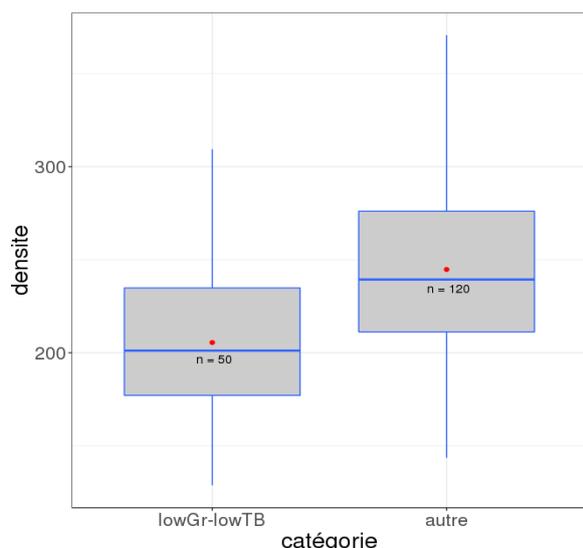
Résultat de la régression de la densité selon la catégorie de la parcelle



### Densités réelles selon les densités prédites par le modèle

On remarque dans un premier temps que le coefficient de détermination ajusté est de 11.65%, notre modèle prédit un peu mieux la densité que l'ancien modèle composé des variables quantitatives. Le coefficient de variation est de 20.3 % ce qui est plutôt faible, la variation est plus élevée pour les parcelles ayant soit beaucoup de graminée et peu de trèfle blanc soit les parcelles ayant beaucoup de graminée et beaucoup de trèfle blanc. Cette variation s'explique en partie car ce sont ces parcelles qui ont des effectifs faibles, voir histogramme des effectifs. Ces deux types de parcelles ont une composition similaire aux parcelles étudiées en Normandie, ils avaient obtenu des densités en moyenne de 250 kg MS/cm/ha, on obtient donc des résultats similaires (environ 251 kg MS/cm/ha).

Comme le montre le modèle, les variables ayant moins de 5% de trèfle blanc et moins de 70 % de graminées ont une densité significativement plus faible que les autres parcelles. Dans une volonté de praticité pour l'utilisateur et au vue de la similitude de certaines catégories, nous allons recréer un modèle qui va différencier les parcelles qui ont, peu de trèfle blanc et de graminée, et les autres parcelles. On aura donc deux valeurs estimées pour la densité.



Welch Two Sample t-test  
 data: catégorie == "autre" and catégorie == "lowGr-lowTB"  
 t = 5.1882, df = 102.67, p-value = 1.074e-06  
 alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
 95 percent confidence interval:  
 24.25245 54.26971  
 sample estimates:  
 mean of x mean of y  
 244.7504 205.4893

Le nouveau modèle est plus simple pour les utilisateurs, les résidus sont un peu plus faibles. Notre modèle propose à l'utilisateur une densité de 205.49kg MS/cm/Ha si la parcelle a moins de 5% de trèfle blanc et moins de 70% de graminée, sinon la valeur de la densité est estimée à 244.75 kg MS/cm/ha.

Nombre et type de variable	Espèce à déterminer	Valeur 1 de densité	Valeur 2 de densité	R <sup>2</sup>	p_valeur
Une variable de composition	Luzerne	215.986	236.171	0.02026	0.0416
	Trèfle blanc	220.433	243.047	0.04982	0.0037
	Trèfle violet	223.002	240.880	0.03104	0.0251
	Total graminée	227.916	250.96	0.03721	0.0099
Deux variables de composition	Trèfle blanc et total graminée	205.489	244.75	0.1222	2.975*10 <sup>-6</sup>

Tableau comparatif des différents modèles

## Conclusion

On voulait savoir s'il était possible de faire une nouvelle estimation de la densité en utilisant les données de la composition botanique. J'ai donc créé un modèle simple et plutôt efficace bien qu'il ait du mal à prédire les valeurs dites « extrêmes ». Pour améliorer le modèle, on pourrait refaire la régression pas à pas et ajouter le ray-grass italien (que nous n'avions pas utilisé car il est difficile à estimer pour un utilisateur) qui a une bonne corrélation avec la densité, l'algorithme aurait proposé un modèle bien différent et le modèle final serait donc aussi différent.

Un autre d'axe d'amélioration de cette étude serait de faire une estimation de composition par bande, en effet comme nous l'avons vu sur l'étude de la répétabilité des mesures, la densité variait beaucoup selon la bande, on aurait donc 5 fois plus de données si on avait des données de composition pour chaque bande et on n'aurait plus besoin d'agrèger les données. Faire une mesure pour une parcelle étant déjà chronophage, on ne peut pas envisager cette possibilité.

Je devais aussi répondre à deux autres hypothèses : je devais voir si la présence de luzerne fait baisser la valeur de densité et si la variation des hauteurs des 80 points de la parcelle était en partie due à la présence de certaines variables de composition botanique. Pour la luzerne, on observe une faible corrélation avec la densité, plus il y a de luzerne moins la densité sera forte et cette relation est significative. Pour l'étude de la variation des mesures aux 80 points de la parcelle, la composition a très peu d'impact sur l'écart-type, seul le ray-grass italien et les adventices ont une influence, mais cette corrélation est faible et est causée par quelques valeurs étonnantes.

## Bilan professionnel

Ce stage m'a permis d'avoir un aperçu du monde du travail notamment du métier de statisticien, j'ai pu appliquer mes connaissances théoriques sur l'analyse et la visualisation de données sur un cas réel avec toutes les problématiques liées telles que les données manquantes, les erreurs, les données aberrantes.

Un aspect central de ce stage est la compréhension des données, des besoins et donc du domaine de l'agriculture que je ne connaissais pas vraiment. J'ai donc beaucoup appris, notamment au niveau du logiciel utilisé : RStudio, les connaissances basiques du langage R que j'avais ne suffisaient pas, j'ai donc dû m'adapter en autonomie et faire des recherches (notamment sur internet) afin de répondre aux besoins.

J'ai aussi dû développer l'aspect communication et rédaction pour l'écriture du rapport, ce fût fastidieux.

## Bilan personnel

Ces 10 semaines de stage à l'INRA m'ont permis de mieux découvrir le domaine de la statistique qui est un des deux piliers de ma formation. Cela conforte ma volonté de continuer dans ce domaine

J'ai développé une certaine réflexion et autonomie nécessaires à l'avancée de ce stage et acquis des compétences en langage R et visualisation de données. Ces compétences me seront très utiles dans le futur.

J'ai aussi apprécié l'environnement de l'INRA, j'ai pu découvrir un milieu qui m'était inconnu avec ses propres problématiques, j'ai aussi découvert plusieurs branches de l'agronomie ainsi que les projets sur lesquels les personnes de l'INRA travaillent.

En conclusion ce stage m'a été très bénéfique aussi bien sur le plan professionnel que personnel.

## Annexe

Nom dans le fichier original	Variable renommée sur R	Traduction/Signification
date	Date	Date de l'analyse
parcelle	Parcelle	Numéro de la parcelle sur laquelle a eu lieu la coupe et l'analyse
herbo parcelle 80pts (cm) MY	h_parc_80_pts_cm_moy	Hauteur moyenne en cm de la hauteur d'herbe mesurée à 80 pts le long de la parcelle avec l'herbomètre
herbo parcelle 80pts (cm) ET	h_parc_80_pts_cm_et	Ecart-type de la hauteur d'herbe mesurée à 80 pts avec l'herbomètre le long de la parcelle
lot	Lot	Prairie saisonnée (SP) ou dessaisonnée (DP)
n°bande fauchée	n_bande	Numéro de la bande fauchée, il y a 5 bandes par parcelle
herbo avant coupe 10 pts (cm) MY	h_av_cp_10_pts_cm_moy	Hauteur moyenne de l'herbe avant la coupe sur les 10 points de la bande
herbo avant coupe 10 pts (cm) ET	h_av_cp_10_pts_cm_et	Ecart-type de la hauteur moyenne de l'herbe avant la coupe sur les 10 points de la bande
longueur bande après coupe (m)	long_cp	Longueur coupée de bande
herbo après coupe 10 pts (mm) MY	h_apr_cp_10_pts_cm_moy	Hauteur moyenne (en cm) de l'herbe après la coupe sur les 10 points de la bande
herbo après coupe 10 pts (mm) ET	h_apr_cp_10_pts_cm_et	Hauteur moyenne (en cm) de l'herbe après la coupe sur les 10 points de la bande
poids vert/ bande( kg)	Pds_vert_band_kg	Poids en vert (herbe...) obtenu sur une bande
Poids vert échantillon (g)	Pds_vert_ech_g	Poids de la matière verte (herbe...) obtenue dans l'échantillon analysé
date-heure mise étuve		
date-heure sortie étuve		
poids sec échantillon (g)	Pds_sec_ech_g	Poids en gramme de matière sèche (autre que matière verte) obtenue dans la matière verte obtenue sur l'échantillon

Dictionnaire des données initiales de densité

## Extraits de codes R :

### Fonction qui a permis de déterminer les seuils des classes :

```
#Fonction qui renvoie la pvalueur du t.test selon un seuil, breaksP correspond au max de
# x par exemple 1 ou 100, sequenceF est la sequence à parcourir lors de la boucle
# par exemple (0,0.6,0.01) parcourt toutes les valeurs de 0 à 0.6 avec une incrémentation de 0.01
test_group<-function(X,Y,sequenceF,deci=4,breaksP,breaksDeb=0){
  f1<-list()
  f2<-list()

  for (i in sequenceF){
    v<-cbind(Y,cut(X,breaks = c(breaksDeb,i,breaksP),labels = c("a","b"),include.lowest = T))
    v<-as.data.frame(v)
    pval<-t.test( x=v[v$V2==1,1],y=v[v$V2==2,1],var.equal = F)[3]
    f1<-append(f1,i)
    f2<-append(f2,pval)
    f<-cbind(f1,f2)
  }
  row.names(f)<-NULL
  f<-as.data.frame(f)
  f$f1<-as.numeric(f$f1)
  f$f2<-as.numeric(f$f2)
  f$f2<-round(x = f$f2,deci)

  return(f)
}
```

### Joindre les données de composition et de biomasse et corriger les erreurs de date (librairie nécessaire dplyr) :

```
#Jointure gauche pour rejoindre les deux fichiers
#dco2: données composition db_moy:données biomasse agrégées par date et parcelle
tabTest_join<-left_join(dco2,y =db_moy ,by=c("Date", "Parcelle"))
#Quelles sont les jointures
donnee_manquante<-tabTest_join[is.na(tabTest_join$h_av_10pts_cm_moy),]

for(i in 1: nrow(donnee_manquante)){
  t1<-db_moy[db_moy$Parcelle==donnee_manquante$Parcelle[i], "Date"]#les dates ayant le mm num parcelle
  t2<-t1-donnee_manquante$Date[i] #Nombre de jours d'écart avec la date qui n'a pas trouvé de correspondance
  min_ecart<-min(abs(t2)) # Date la plus proche

  if (min_ecart<=6) # Une composition est réalisée aux maximum 6 jours après
  {
    t3<-t1[abs(t1-donnee_manquante$Date[i])==min_ecart]
    donnee_manquante$Date_corr[i]<-t3
    print(t3)
  }
  else{
    donnee_manquante$Date_corr[i]<-NA
  }
}
donnee_manquante$Date_corr<-as.Date(donnee_manquante$Date_corr,origin="1970-01-01") #Reformatage date
donnee_manquante2<-donnee_manquante
donnee_manquante2$Date<-donnee_manquante2$Date_corr #On met la date corrigé à la place de la mauvaise date
donnee_manquante2<-donnee_manquante2[, -c(33)] #On enleve le champs Date_corr inutile maintenant
donnee_manqu<-inner_join(donnee_manquante2[,c(1:19)],db_moy,by = c("Date", "Parcelle"))#rejointure des date corri
tabTest_join[is.na(tabTest_join$h_av_10pts_cm_moy),]<-donnee_manqu #On remet les données corrigées a leur place
```

## Lexique

Adventices : Plante herbacée ou ligneuse qui se trouve dans un agroécosystème sans y avoir été intentionnellement installée, aussi appelée « mauvaises herbes ».

Sénescent : Phase de vieillissement de la plante pendant laquelle elle jaunit puis meurt.

Graminée : Famille de plantes monocotylédones qui comprend environ 12 000 espèces. On y trouve la plupart des espèces appelées communément « herbes » et les céréales.

Légumineuse : Les légumineuses appartiennent à la famille des fabacées, comprenant des arbres, arbustes ou herbes qui ont en commun d'avoir des fruits en gousses.

p valeur : la valeur p indique dans quelle mesure les données sont conformes à l'hypothèse de test  $H_0$  aussi appelée hypothèse nulle.

Le critère d'information d'Akaike : c'est une mesure de la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Lorsque l'on estime un modèle statistique, il est possible d'augmenter la vraisemblance du modèle en ajoutant un paramètre. Le critère d'information d'Akaike, tout comme le critère d'information bayésien, permet de pénaliser les modèles en fonction du nombre de paramètres afin de satisfaire le critère de parcimonie.

Répétabilité : Cette notion quantifie la capacité à reproduire une action ou une série d'actions en obtenant des résultats similaires.

## Sitographie

*Aide pour R et le package ggplot :*

<https://cran.r-project.org/manuals.html>

<http://ggplot2.tidyverse.org/index.html>

<http://www.sthda.com/french/wiki/ggplot2>

*Etude de la densité réalisée en Bretagne et Normandie :*

[http://journees3r.fr/IMG/pdf/2004\\_paturage\\_02\\_Defrance.pdf](http://journees3r.fr/IMG/pdf/2004_paturage_02_Defrance.pdf)

## Résumé

Dans le but de répondre aux besoins en agriculture, l'INRA met en place plusieurs projets. Le projet expérimental Patuchev a pour but d'évaluer et de concevoir des systèmes d'élevage caprins innovant viables qui respectent l'environnement et le bien-être animal.

Afin de faciliter la gestion du pâturage et la prise de décision des éleveurs, l'estimation de la biomasse d'une parcelle peut se révéler très utile. Afin de l'estimer, la hauteur d'herbe moyenne et la densité de la parcelle sont nécessaires. Une valeur communément utilisée de la densité est 250 kg matière sèche/cm/ha

L'objectif de ce stage est de déterminer la pertinence de cette valeur à partir des données du dispositif expérimental Patuchev et de déterminer si l'on doit prendre en compte la présence d'espèces fourragères spécifiques.

## Abstract

In order to respond to the needs in agriculture, INRA is implementing several projects. The purpose of the Patuchev Experimental Project is to evaluate and propose, sustainable goat farming systems that respect the environment and animal welfare.

In order to facilitate grazing management and decision-making for farmers, estimating the biomass of a plot can be very useful. To estimate it, the average grass height and parcel density are necessary. A commonly used value of density is 250 kg dry matter / cm / ha

The objective of this internship is to determine the suitability of this value from the Patuchev experimental device data and to determine whether the presence of specific forage species should be taken into consideration.