
Variation spatio-saisonnière des ressources végétales et du comportement alimentaire des caprins pâturant dans les fourrés xérophiles du Sud-Ouest de Madagascar

Auteur : Leclercq, Simon

Promoteur(s) : Bindelle, Jérôme

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : sciences agronomiques, à finalité spécialisée

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22346>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**VARIATION SPATIO-SAISONNIÈRE DES
RESSOURCES VÉGÉTALES ET DU
COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES CAPRINS
PÂTURANT DANS LES FOURRÉS XÉROPHILES
DU SUD-OUEST DE MADAGASCAR**

SIMON LECLERCQ

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025

PROMOTEUR: JÉRÔME BINDELLE

CO-PROMOTEUR: JEAN FRANÇOIS BASTIN

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

**VARIATION SPATIO-SAISONNIÈRE DES
RESSOURCES VÉGÉTALES ET DU
COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES CAPRINS
PÂTURANT DANS LES FOURRÉS XÉROPHILES
DU SUD-OUEST DE MADAGASCAR**

SIMON LECLERCQ

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025

PROMOTEUR: JÉRÔME BINDELLE

CO-PROMOTEUR: JEAN FRANÇOIS BASTIN

Le voyage réalisé dans le cadre du présent travail a été rendu possible grâce au soutien financier de l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur de la Fédération Wallonie-Bruxelles, dans le cadre de sa politique de Coopération au développement.

Remerciements

Je souhaite avant tout adresser mes remerciements à mon promoteur académique, le Professeur Jérôme Bindelle, ainsi qu'à mon co-promoteur le professeur Jean François Bastin pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser cette expérience enrichissante.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrante Mbolatiana Ranaivoharivelo, pour son accueil à Madagascar, son encadrement tout au long de ce travail. Chaque fois que j'ai eu besoin de conseils, elle a su se rendre disponible rapidement et a été à l'écoute jusqu'à la fin de ce projet.

Merci également à madame Olivia Rakotondrasoa pour son accueil chaleureux au sein de l'École Supérieure des Sciences Agronomiques de l'Université d'Antananarivo.

De plus, je tiens à adresser mes remerciements à l'équipe de recherche sur place pour leur contribution dévouée, pour leur accueil au sein de leur village et pour la mise à disposition de leurs troupeaux pour l'étude.

Un grand merci à mes amis Joana et à ses remèdes pour garder la force sur le terrain ainsi qu'à Tiana et à sa voiture pour avoir affronté les pistes de Madagascar.

Je remercie mes amis Téton, Raymond, Valouz, ainsi que tous les compagnons gembloutois avec qui j'ai partagé ces belles années.

Merci à Maïwenn pour sa patience et son soutien permanent.

Enfin, je ne pourrai jamais assez remercier les membres de ma famille, mes parents, et en particulier mes grands pour leur soutien inébranlable et pour avoir veillé à ce que je ne meures pas de faim tout au long de ces cinq années d'études. J'espère de tout cœur que ce travail saura leur faire ressentir une fierté à la hauteur de tout ce qu'ils m'ont apporté.

Préface

Ce travail de fin d'étude entre dans le cadre de la thèse de Mbolatiana Ranaivoharivelo ayant pour titre « L'élevage caprin dans la gestion durable des Fourrés xérophiles dans le Sud-Ouest de Madagascar » elle même faisant partie du projet de recherche et de développement intitulé « Appui à la Gestion durable et à la Restauration des Fourrés xérophiles du sud-ouest de Madagascar» (AGRIFO). Le projet est financé par l'ARES (Académie de Recherche et d'Enseignement supérieur) et est coordonné par le professeur Jean-François Bastin (Gembloux Agro Bio Tech) et la professeure Olivia Rakotondraso (Université d'Antananarivo).

Certaines données récupérées lors des activités de terrain effectuées lors de ce TFE seront utilisées uniquement pour la thèse de Mbolatiana Ranaivoharivelo, d'autres pour le rapport du travail et pour la thèse. Les données utilisées pour ce TFE sont issues des mêmes sites sur trois saisons différentes. Seule les données récoltées en septembre font partie des activités pratiques de ce travail. Les données issues de la saison des pluies ont été récoltées par Mbolatiana Ranaivoharivelo, Nicolas Jungblut et Jean de Dieu Rafalimanana.

Résumé

La compréhension des interactions entre les caprins et les fourrés xérophiiles du Sud-Ouest de Madagascar est un passage obligatoire avant de chercher à améliorer leur productivité. L'objectif de cette étude était de décrire la manière dont se nourrissent les chèvres en fonction des sites et des saisons. La méthode « Continuous bite monitoring » a été utilisée pour l'étude du comportement alimentaire et des quadrats ont été mis en place afin d'estimer les ressources fourragères disponibles. Les résultats ont montré des variations significatives entre les sites et les saisons dans la manière dont se nourrissent les caprins au pâturage et dans la quantité et la qualité des ressources disponibles. Ces résultats suggèrent une dynamique complémentaire entre les facteurs environnementaux et comportementaux. Les conclusions de cette étude soulignent l'importance de la diversité végétale et de la qualité nutritionnelle des plantes pour une gestion durable des parcours.

Abstract

Understanding the interactions between goats and the xerophytic shrubs of Southwestern Madagascar is a crucial step before attempting to improve their productivity. The aim of this study was to describe the feeding behavior of goats based on sites and seasons. The "Continuous Bite Monitoring" method was used to study feeding behavior, and quadrats were established to estimate the available forage resources. The results showed significant variations between sites and seasons in both the goats' grazing behavior and the quantity and quality of the available resources. These findings suggest a complementary dynamic between environmental and behavioral factors. The conclusions of this study highlight the importance of plant diversity and nutritional quality for sustainable pasture management.

Table des matières

Remerciements.....	6
Préface.....	7
Résumé.....	8
Abstract.....	9
Liste des abréviations.....	19
1 Introduction.....	21
1.1 Introduction générale.....	21
1.2 Contexte.....	21
1.2.1 Un écosystème unique.....	21
1.2.2 Climat.....	22
1.2.3 Végétation.....	23
1.3 Contexte sociétal.....	26
1.4 Problématique.....	26
1.5 L'élevage caprin, moteur du développement durable.....	27
1.5.1 Pilier économique.....	27
1.5.2 Pilier social.....	28
1.5.3 Pilier environnemental.....	28
A) Déforestation.....	28
B) Agriculture en abattis-brûlis.....	30
C) Production de charbon de bois.....	31
1.5.4 Description des pratiques d'élevage.....	32
A) Pastoralisme.....	32
B) Objectifs de la pratique.....	32
1.6 Pourquoi étudier l'ingestion des fourrages par les chèvres ?.....	33
2 Synthèse bibliographique – Facteurs influençant le comportement alimentaire.....	34
3 Objectifs de l'étude.....	36
4 Matériel et méthodes.....	37
4.1 Description des sites.....	37
4.1.1 Site Solara-Sud.....	37
4.1.2 Site Andranohinaly.....	39
4.2 Pratiques de gestion des troupeaux dans les sites d'étude.....	43
4.2.1 Soalara-Sud.....	43
4.2.2 Andranohinaly.....	43
4.3 Période de l'étude.....	44
4.4 Sélection et mesure des individus observés.....	44
4.5 Suivi des chèvres au pâturage.....	46
4.5.1 Familiarisation mutuelle.....	46
4.5.2 Entraînement des observateurs.....	47
4.5.3 Acquisition des données.....	47
4.5.4 Identification des plantes.....	47
4.5.5 Grille de codage des bouchées.....	47
4.5.6 Réécoute des enregistrements.....	48
4.6 Hand-plucking.....	48

4.7 Mesure de la diversité et de l'abondance de la flore.....	49
4.8 Décompte des troupeaux.....	51
4.9 Biomasse disponible.....	51
4.10 Consommation quotidienne.....	52
4.11 Composition de l'alimentation.....	53
4.12 Sélectivité.....	53
4.13 Diversité et hétérogénéité des sites.....	54
4.14 Classification en strates végétales.....	54
4.13 Analyses des bouchées au laboratoire.....	55
4.13.1 Séchage échantillons.....	55
4.13.2 Analyses NIRS.....	56
4.13.3 Energie brute.....	58
4.14 Dépenses énergétique journalières pour la locomotion.....	58
4.1 Détermination de la fréquence de marche.....	58
4.14.2 Nombre de pas effectués.....	58
4.14.3 Longueur d'un pas.....	58
4.14.4 Energie dépensée par pas.....	59
4.15 Analyse statistique.....	59
5 Résultats.....	60
5.1 Caractéristiques des sites.....	60
5.1.1 Diversité et hétérogénéité des sites.....	60
5.1.2 Stratification de la végétation.....	62
5.2 Qualités bromatologiques.....	64
5.2.1 Sites.....	64
5.2.2 Saisons.....	66
5.3 Ingestion au pâturage.....	69
5.3.1 Variabilité entre chèvres.....	69
5.3.2 Diversité du régime.....	69
5.3.3 Organes consommés.....	70
5.3.4 Quantité de matière sèche consommée.....	71
5.3.5 Energie métabolisable ingérée.....	73
5.4 Sélectivité.....	75
5.4.1 Variables bromatologiques.....	76
5.4.2 Variables environnementales.....	76
5.4.3 Famille végétale.....	77
5.5 Fréquence de bouchées et ingestion par minute.....	78
5.6 Equilibre énergétique.....	80
5.6.1 Effet de l'abreuvement sur l'énergie dépensée.....	80
5.6.2 Effet de l'abreuvement sur l'énergie consommée.....	81
6 Discussion.....	84
6.1 Caractéristiques des sites.....	84
6.1.2 Stratification de la végétation.....	84
6.2 Qualités bromatologiques.....	87
6.2.1 Sites.....	87
6.2.2 Saison.....	87
6.3 Ingestion au pâturage.....	88
6.3.1 Variabilité entre chèvres.....	88
6.3.2 Diversité du régime.....	89
6.3.3 Organes consommés.....	89

6.3.4	Quantité de matière sèche consommée.....	90
A)	Effet de la saison.....	90
B)	<i>Effet du site</i>	91
6.3.5	Energie métabolisable ingérée.....	94
6.4	Sélectivité.....	94
6.4.1	Variables bromatologiques.....	94
6.4.2	Caractéristiques environnementales.....	95
A)	<i>Site</i>	95
B)	<i>Saison</i>	95
6.9.3	Familles végétales.....	96
6.5	Fréquence de bouchées et ingestion par minute.....	97
6.5.1	Impact de la saison sur la biomasse disponible.....	97
6.5.2	Variations comportementales : fréquence de bouchée (BR) et ingestion de matière sèche (IR).....	97
6.5.3	Différences entre les sites.....	97
6.5.4	Implications pour la gestion des pâturages.....	99
6.6	Equilibre énergétique.....	99
6.6.1	Energie dépensée pour le déplacement.....	99
A)	Effet de l'abreuvement.....	99
B)	Effet du site.....	99
C)	Limites de l'analyse.....	100
6.6.2	Energie consommée.....	100
A)	Effet de l'abreuvement.....	100
B)	Interaction entre l'abreuvement et le site.....	101
7	Conclusion.....	102
8	Contributions personnelles.....	103
9	Bibliographie.....	104
10.1	Site Soalara-Sud.....	117
10.1.1	Régime et disponibilité des espèces lors de la fin de la saison sèche du site de Soalara-Sud.....	117
10.1.2	Classification des espèces de la fin de la saison sèche du site de Soalara-Sud.....	118
10.1	Site Andranohinaly.....	119
10.2.1	Régime et disponibilité des espèces lors de la fin de la saison sèche du site de Andranohinaly.....	119
10.1.2	Classification des espèces de la fin de la saison sèche du site de Andranohinaly.....	121

Liste des figures

Figure 1: Eco-régions de Burgess et al., 2004 prioritaires et leur indice de distinction biologique pour les déserts et es fourrés xérophiles sur le continent africain.....	21
Figure 2: Location des fourrés xérophiles dans le Sud-Ouest de Madagascar (Randriamalala et al., 2022).....	22
Figure 3: <i>Historique météo des précipitations mensuelles à Soalara, Sud-Ouest de Madagascar (“Météo et climat,” 2024)</i>	23
Figure 4: <i>Historique météo des températures moyennes mensuelles à Soalara, Sud-Ouest de Madagascar (“Météo et climat,” 2024)</i>	23
Figure 5: Tendances générales des changements de couverture terrestre de 1973 à 2013 pour le Sud-Ouest de Madagascar et tendances démographiques de 1993 à 2013 pour les trois districts (Betioky-Sud, Toliara II et Ampanihy dans le sud-ouest de Madagascar) (Brinkmann et al., 2014).....	25
Figure 6: Les trois types d'architecture d'arbustes des fourrés xérophiles selon Randriamalala et al., (2022).....	25
Figure 7: Proportion des ménages adoptant des stratégies de vente de bétail et les compensations des déficits alimentaires attitrées (Hänke, 2016).....	28
Figure 8: Hectares de forêts et fourrés xérophiles déforesté par an entre 2000 et 2013.....	29
Figure 9: Causes directes et indirectes engendrant de la déforestation dans le Sud-Ouest de Madagascar. Adapté de Casse et al., (2004).....	30
Figure 10: Technique de production de charbon de bois dans le pâturage du site de Soalara-Sud. Source: Photographie personnelle prise le 21 septembre 2024.....	31
Figure 11: Liste des facteurs influençant le comportement alimentaire des caprins.....	34
Figure 12: Résumé des objectifs du projet et du travail de fin d'étude.....	36
Figure 13: Sites d'étude de Soalara-sud et d'Andranohinaly (Source: Google Earth, consulté le 15/06/2024).....	37
Figure 14: Vue satellite du site d'étude de Soalara-Sud. Source ; Qgis.....	38
Figure 15: Ensemble de FB et FBD typique des pâturages du site d'étude de Soalara-Sud et ses espèces principales. Source : Photo personnelle, prise le 22 septembre 2024.....	39
Figure 16: Vue satellite du site d'étude d'Andranohinaly. Source : Qgis.....	40
Figure 17: Ensemble de SA et de ZA typique des pâturages du site de Andranohinaly et ses espèces principales. Source: Photo personnelle prise le 27 septembre 2024.....	41
Figure 18: Pâturage de type savane sur les plateaux du site de Andranohinaly et ses espèces principales. Source: Photographie personnelle prise le 26 septembre 2024.....	42
Figure 19: Enclos des chèvres étudiées du site Soalara-Sud. Source: Photo personnelle prise le 20 septembre 2024.....	43
Figure 20: Alentours du point d'eau du site Soalara-Sud. Source: Photo personnelle prise le 21 septembre 2024.....	43
Figure 21: Point d'eau permanent du site de Soalara-Sud. Source: Photo personnelle prise le 21 septembre 2024.....	43

Figure 22: Modèle du collier GPS attaché au coup des chèvres suivies. Source : Photographie personnelle prise le 22 septembre 2024.....	45
Figure 23: Observateur à proximité (moins d'un mètre) des chèvres étudiées lors du suivi. Photographie personnelle prise le 27 septembre 2024.....	46
Figure 24: Courbe sinusoïdale pour définir un pas (Griffin et al., 2004).....	48
Figure 25: Schéma du dispositif expérimental. Chaque case représente des carrés de 1x1m.....	49
Figure 26: Mise en place des quadras avec les cordes, site Andranohinaly.....	49
Figure 27: Représentation des parties végétales prélevées.....	51
Figure 28: Etapes de calcul du DI, adapté de Hodgson, (1990).....	52
Figure 29: Echantillons en train de sécher, site Andranohinaly. Source : Photographie personnelle prise le 27 septembre 2024.....	55
Figure 30: Photographie du modèle de l'étuve utilisée (Memmert). Source : Photographie personnelle prise le 3 novembre 2024.....	56
Figure 31: Broyeur utilisé. Source : photographie personnelle prise le 5 novembre 2024.....	57
Figure 32: Tamisage des échantillons broyés. Source : photographie personnelle prise le 5 novembre 2024.....	57
Figure 33: Analyse SPIR effectuée par Mbolatiana Ranaivoharivelo. Source : Photographie personnelle prise le 6 novembre 2024.....	57
Figure 34: Distribution des différences permutées des indices de Shannon.....	61
Figure 35: Overlap du nombre d'espèces uniques présentes durant les deux saisons dans les sites d'AND et de SS.....	62
Figure 36: Distribution des biomasses selon les saisons dans les zones pastorales.....	63
Figure 37: Heatmap des différences bromatologiques des plantes entre les sites SS et AND.....	65
Figure 38: Distribution de l'énergie métabolisable (ME) en MJ/kg des plantes entre les sites SS et AND.....	66
Figure 39: Comparaison des variables bromatologiques entre les saisons.....	68
Figure 40: Répartition des résidus tu test de variance interindividuelle.....	69
Figure 41: Proportion des organes consommés, site SS.....	70
Figure 42: Proportion des organes consommés, site AND.....	71
Figure 43: Distribution des valeurs de la quantité de matière sèche ingérée selon la saison et le site.	72
Figure 44: Distribution des valeurs de la matière sèche consommée selon la saison et le site et l'individu.....	73
Figure 45: Distribution des valeurs de l'énergie métabolisable consommée selon la saison et le site et l'individu.....	74
Figure 46: Normal Q-Q plot des résidus du modèle.....	74
Figure 47 Distribution des résidus du modèle.....	75
Figure 48: Régressions des variables bromatologiques sur la sélectivité.....	76
Figure 49: Effet des caractéristiques environnementales sur la sélectivité.....	77

Figure 50: Sélection vs régression des familles botaniques selon les sites (SS et AND) et les saisons (Septembre et Mars).....	78
Figure 51: Variations saisonnières du BR, de l'IR et de la biomasse consommée selon les sites.....	79
Figure 52: Histogramme et Q-Q plot des résidus de l'analyse de la variance sur l'effet de l'abreuvement sur l'énergie dépensée en déplacement.....	80
Figure 53: Boxplot de l'énergie consommée en déplacement (Energy_conso) en kcal en fonction du site d'Andrahinaly (AND) et Soalara-sud (SS) ainsi que s'il y a eu un abreuvement (Ab) durant la journée (OUI ou NON).....	81
Figure 54: Boxplot de l'énergie métabolisable ingérée (E_conso) en kcal en fonction du site d'Andrahinaly (AND) et Soalara-sud (SS) ainsi que s'il y a eu un abreuvement (Ab) durant la journée (OUI ou NON).....	82
Figure 55: Histogramme et Q-Q plot des résidus de l'analyse de la variance sur l'effet de l'abreuvement sur l'énergie métabolisable consommée.....	83
Figure 56: Différences de couverture de la canopée (A) et de hauteur (B) selon les trois catégories d'exposition au feu. La légende (code couleur) indique la guilda architecturale la plus courante dans les catégories d'exposition au feu respectives. Des petites lettres disparates indiquent des différences significatives entre les catégories d'exposition au feu basées sur les résultats du test H de Kruskal Wallis et les comparaisons multiples de Dunn. Source : Strydom et al., (2022).....	86
Figure 57: Chèvre consommant du "Hazonosy". Source : Photographie personnelle prise le 21 septembre 2024.....	89
Figure 58: Feuille de « Hazonosy ». Source : Photographie personnelle prise le 21 septembre 2024.....	89
Figure 59: Excrément de chèvre contenant une graine de Hazonosy. Source : photographie personnelle prise le 19 septembre 2024.....	90
Figure 60: Chèvre sur ses pattes arrières pour atteindre les feuilles plus haute du Hazonosy. Source : photographie personnelle prise le 20 septembre 2024.....	92
Figure 61: Chevrier incitant une chèvre à se nourrir 1. Source: Photo personnelle prise le 27 septembre 2024.....	92
Figure 62: Chevrier incitant une chèvre à se nourrir 2. Source: Photo personnelle prise le 27 septembre 2024.....	92
Figure 63: Bouc croisé angora. Source : photographie personnelle prise le 22 septembre 2024.....	93
Figure 64: Cycle comportemental typique observé sur les chèvres du site SS lors de la recherche de nourriture.....	95
Figure 65: Variation saisonnière de la disponibilité en fourrage (A), du BR (B) et de l'IR (C) des chèvres dans des parcours forestiers méditerranéens. Source : Chebli et al. (2022).....	98
Figure 66: Variation saisonnière de la distance de marche quotidienne (km) des troupeaux de chèvres d'Ankilibory (AK), Efoetse (EF), Andremba (AD), Miarintsoa (MI) et des troupeaux de bovins en transhumance (C-T). Les données sont présentées pour le début de la saison sèche (EDS), la fin de la saison sèche (LDS) et la saison des pluies (RS). Les médianes (lignes noires à l'intérieur des cases), les écarts interquartiles (largeur des cases représentant les 50 % du milieu des données), les écarts totaux des données (moustaches) et les valeurs aberrantes (points noirs) sont indiqués. Les différentes lettres au-dessus des boîtes à moustaches indiquent les différences entre les villages à $p \leq 0,05$ selon les tests post hoc de Tukey. Source : Feldt et al. (2016).....	100

Liste des tables

<i>Table 1: Classification des biomes du Sud-Ouest de Madagascar en fonction de leurs caractéristiques principales (Adapté de Gaspard et al., 2018).....</i>	<i>24</i>
<i>Table 2: Liste des espèces végétales présentes sur la figure 7 avec leur classification taxonomique (famille et nom scientifique).....</i>	<i>40</i>
<i>Table 3 : Liste des espèces végétales présentes sur la figure 8 avec leur classification taxonomique (famille et nom scientifique).....</i>	<i>42</i>
<i>Table 4: Liste des espèces végétales présentes sur la figure 9 avec leur classification taxonomique (famille et nom scientifique).....</i>	<i>43</i>
<i>Table 5: Tableau récapitulatif des différentes méthodes de gestion d'élevage pour le site de Soalara Sud et d'Andranohinaly.....</i>	<i>45</i>
<i>Table 6: Caractéristiques des chèvres étudiées site Soalara Sud.....</i>	<i>46</i>
<i>Table 7: Caractéristiques des chèvres étudiées site Andranohinaly.....</i>	<i>47</i>
<i>Table 8: Grille de codage des bouchées. Colonne de gauche : mot prononcé à l'oral lors du suivi. Colonne de droite : action correspondante.....</i>	<i>49</i>
<i>Table 9: Récapitulatif des mesures effectuées sur chaque type de quadrats.....</i>	<i>53</i>
<i>Table 10: Comparaison des méthodes d'échantillonnage entre la saison des pluies (mars) et la fin de la saison sèche (septembre).....</i>	<i>53</i>
<i>Table 11: Strates végétales et leurs caractéristiques écologiques et morphologiques pour la classification.....</i>	<i>57</i>
<i>Table 12: Fréquence de pas moyenne lors du déplacement déterminée pour chaque chèvre étudiée lors de la fin de la saison sèche.....</i>	<i>62</i>
<i>Table 13: Indices de Shannon calculés pour le site de Soalara-sud (SS) et Andranohinaly (AND)..</i>	<i>64</i>
<i>Table 14 Hauteur moyenne et médiane des espèces ligneuses pour les sites de Soalara-Sud (SS) et Andranohinaly (AND).....</i>	<i>66</i>
<i>Table 15 Résultats des tests de Wilcoxon sur les qualités bromatologiques testées lors de l'analyse SPIR.....</i>	<i>68</i>
<i>Table 16 Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) pour les différences saisonnières dans les qualités bromatologiques des plantes consommées par les chèvres.....</i>	<i>70</i>
<i>Table 17 Résultats de l'analyse statistique (test du Chi²) sur les effets des facteurs étudiés.....</i>	<i>73</i>
<i>Table 18 Résultats de l'ANOVA pour l'effet de la saison et du site sur la quantité de matière sèche consommée.....</i>	<i>76</i>

<i>Table 19 Résultats de l'ANOVA pour l'effet de la saison et du site sur la quantité d'énergie métabolisable consommée.....</i>	<i>78</i>
<i>Table 20 Résultats de l'ANOVA pour l'effet de l'abreuvement et du site sur la quantité d'énergie dépensée en déplacement.....</i>	<i>86</i>
<i>Table 21.....</i>	<i>87</i>

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ADF	Acid Detergent Fiber, teneur en fibre.
AND	Site de Andrahnialy, plateau.
ANOVA	Analyse de la variance.
ASH	Teneur en cendres, en pourcentage de matière sèche.
BL	Body lenght, longueur du dos.
BM	Bite Mass, poids d'une bouchée.
BR	Bite Rate, fréquence de bouchées (en nombre de bouchées par minute)
BW	Body Weight, poids corporel.
CB	Teneur en cellulose brute en pourcentage de matière sèche.
CELL	Teneur en cellulose, en pourcentage de matière sèche.
DEC	Daily Energy Cost, énergie totale dépensée pour le déplacement d'une chèvre sur la journée, en J.
DI	Daily Intake, ingestion journalière.
DP	Daily
EB	Energie Brute, en kcal/100g de matière sèche.
ENA	Extractif non azoté.
f	Fréquence de marche en pas par minute.
FS	Fin de la saison sèche, mois de septembre.
H	Indice de diversité de Shannon.
HG	Heart grid
ID	Diversity Index, indice de diversité dans le régime.
IR	Intake Rate, ingestion par minute (en g de matière sèche).
ME	Teneur en énergie métabolisable, en Kcal/g
MG ou Fat_as	Teneur en matière grasse en pourcentage de matière sèche.
MOD-WHITT	Méthode de Whittaker modifiée.

MS	Matière sèche.
NB	Nombre de Bouchées.
NC	Net energy Cost, énergie nette dépensée pour la locomotion, en kg.BW.m.
NDF	Neutral Detergent Fiber, teneur en parois végétales de la plante, (celluloses, hemicellulose et lignine) en pourcentage de MS.
NIRS ou SPIR	Méthode d'analyse de la composition chimique par spectrométrie dans le proche infrarouge.
P	Saison des pluies, mois de mars.
PB ou Protein	Teneur en protéine brute en pourcentage de matière sèche.
Ptot	Nombre total de pas parcourus par une chèvre sur une journée.
SL	Step Length, longueur d'un pas en cm.
SS	Site de Soalara-Sud, littoral.

Familles végétales

AMA	Amaranthaceae
APO	Apocynaceae
ASTE	Asteraceae
BOR	Boraginaceae
BURS	Burseraceae
CELA	Celastraceae
CON	Convolvulaceae
FA	Fabaceae
MAL	Malvaceae
MOLL	Molluginaceae
PO	Poaceae
SCRO	Scrophulariaceae
SOL	Solanaceae
ZYG	Zygophyllaceae

1 Introduction

1.1 Introduction générale

C'est dans le Sud-Ouest semi-aride de Madagascar, où l'alternance des saisons sèches et humides dictent le rythme de vie, que les chèvres parcourent les fourrés xérophiiles en quête du fourrage le plus appétant. Dans cette région défavorisée de la grande île, chaque saison change le visage du paysage et transforme le maigre festin des troupeaux. C'est dans ce décor que notre étude s'enracine : elle vise à (i) identifier les espèces fourragères que les chèvres privilégient, (ii) à analyser la valeur nutritive de chaque plante et l'état nutritionnel des chèvres qui les consomment et (iii) à saisir l'influence des cycles saisonniers et des différents sites sur les deux points précédents. Grâce aux prélèvements et à l'observation du comportement alimentaire des chèvres, ce TFE espère éclaircir les liens complexes qui lient les végétaux aux préférences alimentaires des troupeaux.

1.2 Contexte

1.2.1 Un écosystème unique

Le Sud-Ouest de Madagascar est classé comme écorégion prioritaire par rapport à son indice de particularité biologique par (Burgess et al., 2004) (Figure 1). Cela signifie que c'est une zone d'endémisme exceptionnel tout en ayant des caractéristiques biologiques importantes. Cette région, principalement composée de fourrés xérophiiles, a également le statut de conservation critique (Olson et al., 2002). Il est important de préserver ces zones (Figure 2) afin de prévenir les extinctions, de maintenir les processus écologiques de la région (Burgess et al., 2004) et de contribuer à la conservation des habitats les plus remarquables et représentatifs de la biodiversité sur cette planète (Olson et al., 2002). Madagascar est aussi considérée comme un point critique désigné pour une conservation prioritaire à cause de la dégradation rapide de ses habitats naturels. (Myers et al., 2000)

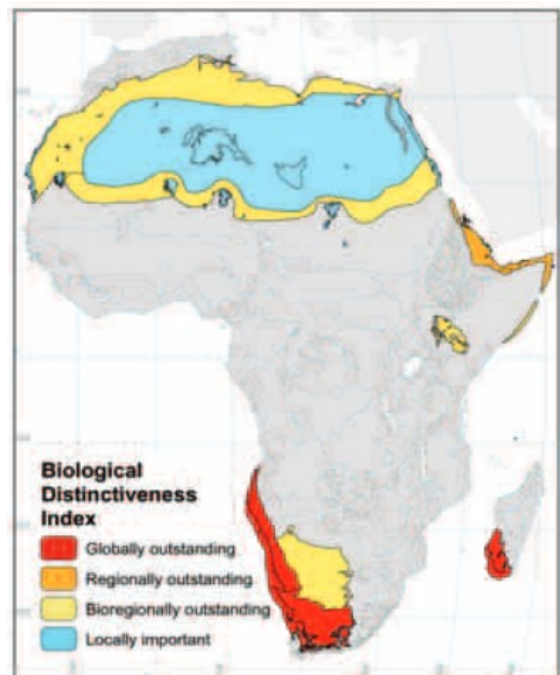


Figure 1: Eco-régions de Burgess et al., 2004 prioritaires et leur indice de distinction biologique pour les déserts et es fourrés xérophiiles sur le continent africain.

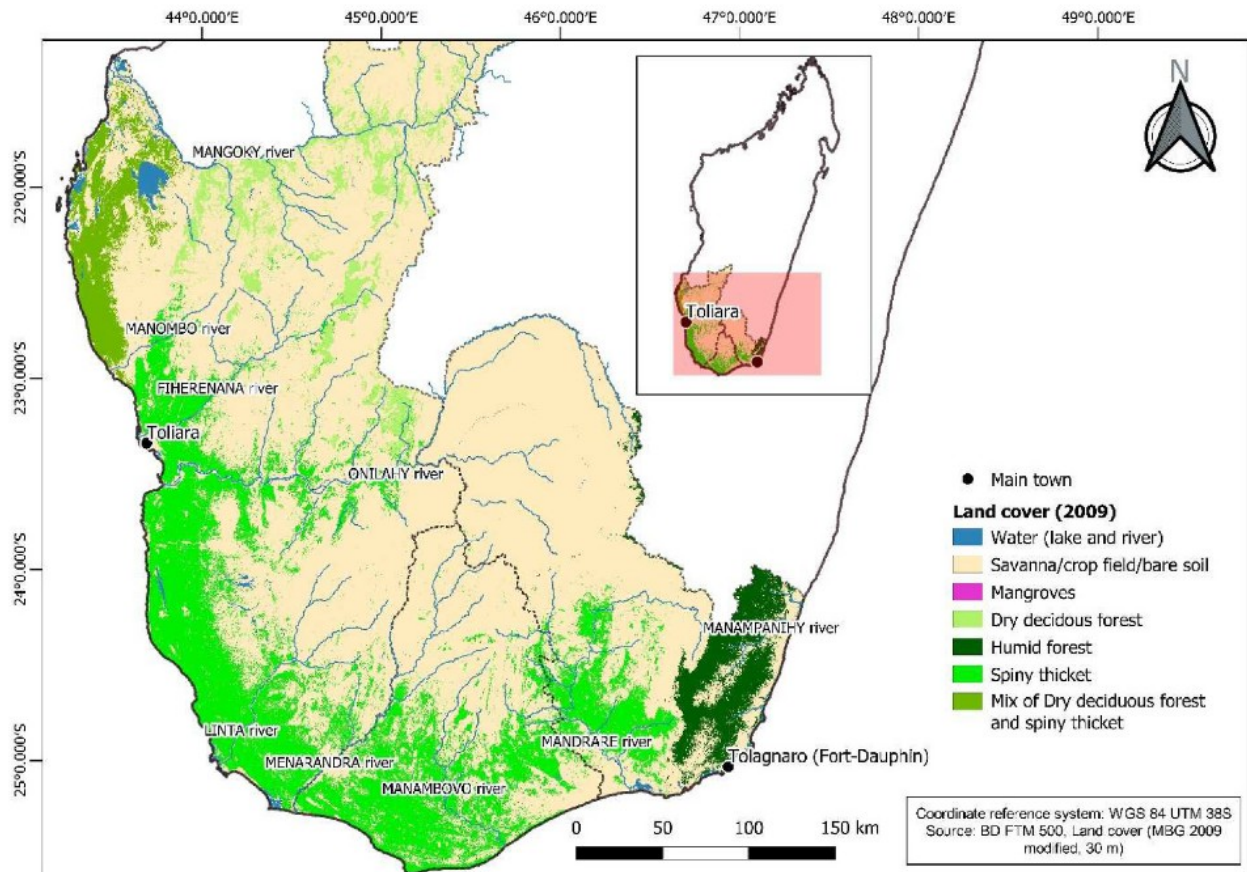


Figure 2: Location des fourrés xérophiles dans le Sud-Ouest de Madagascar (Randriamalala et al., 2022)

1.2.2 Climat

Le climat de la région de l'étude est aride avec une saison sèche allant d'avril à octobre marquée par des précipitations moyennes mensuelles inférieures à 15mm (Figure 3). Les températures restent élevées et plutôt toute l'année avec un pic à 28,3°C de température moyenne au mois de janvier et un minimum en juillet (21,6°C) (Figure 4).

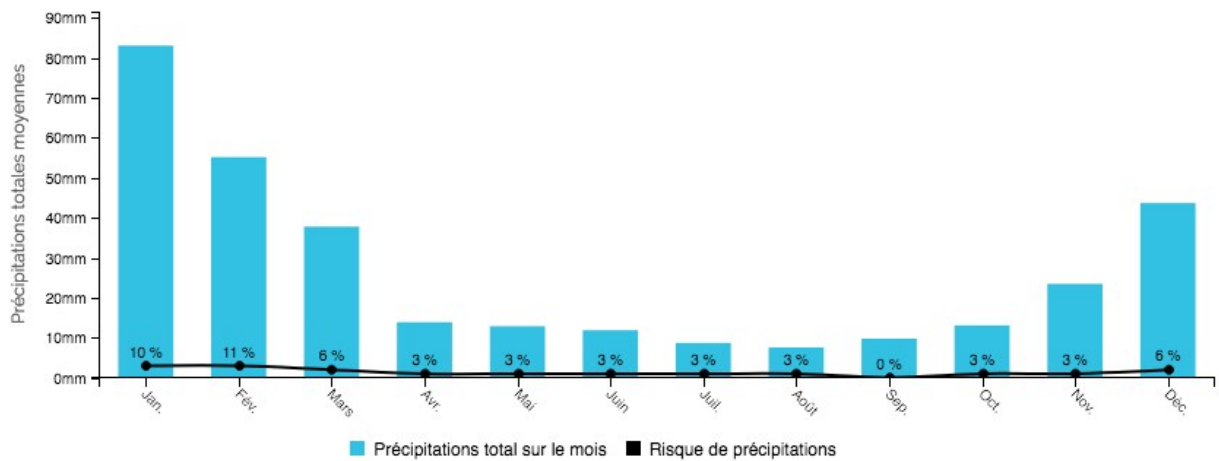


Figure 3: Historique météo des précipitations mensuelles à Soalara, Sud-Ouest de Madagascar (“Météo et climat,” 2024).

TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES

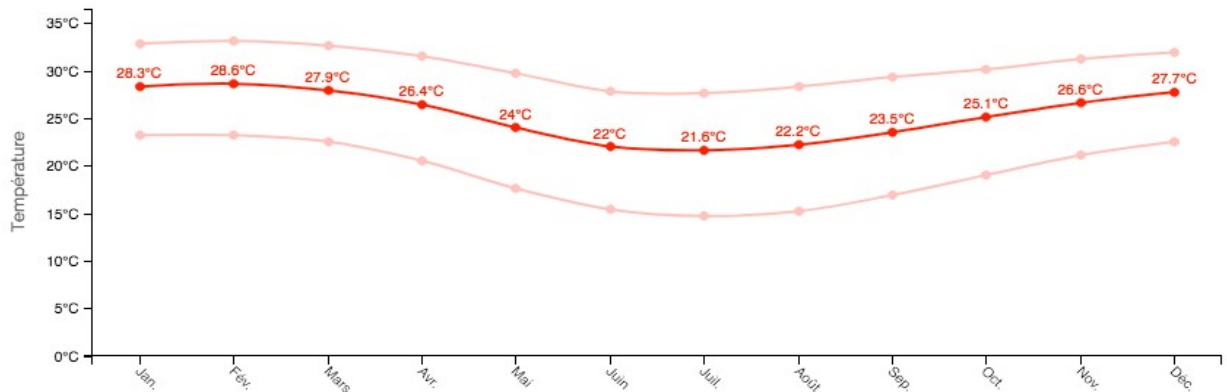


Figure 4: Historique météo des températures moyennes mensuelles à Soalara, Sud-Ouest de Madagascar (“Météo et climat,” 2024).

1.2.3 Végétation

La végétation du Sud-Ouest de Madagascar peut être classifiée en se basant sur des distinctions basées sur la hauteur, la densité et l'état de dégradation de la couverture végétale (Table 1), influencées par les gradients climatiques et édaphiques (Gaspard et al., 2018). Tous les types de fourrés xérophiles sont caractérisés par des aspects biologiques et physiologiques spécifiques les rendant plus adaptées à l'aridité et aux conditions subdésertiques (Lu et al., 2023).

Table 1: Classification des biomes du Sud-Ouest de Madagascar en fonction de leurs caractéristiques principales (Adapté de Gaspard et al., 2018).

Classe de végétation	Description	Caractéristique principale
Forêt sèche (FS)	Forêt clairsemée dominée par des espèces caducifoliées adaptées à la sécheresse.	Espèces caducifoliées, adaptées à l'aridité, faible densité végétale, sol souvent peu profond.
Fourrés hauts (FH)	Fourrés plus denses, présents sur des sols riches.	Végétation plus dense, dominant dans les zones avec des sols plus fertiles, souvent plus résistants à la sécheresse.
Fourrés bas (FB)	Fourrés moins élevés mais fermés, souvent sur des sols moins fertiles.	Couverture végétale dense mais de faible hauteur, sol souvent plus pauvre, résistants aux conditions difficiles.
Fourrés bas dégradés (FBD)	Fourrés avec une couverture plus clairsemée, conséquence de pressions humaines.	Réduction de la densité végétale, souvent causée par des activités humaines comme le surpâturage ou la déforestation.
Savanes (SA)	Transition résultant de la dégradation des fourrés xérophiles sous pression anthropique et environnementale.	Végétation plus clairsemée, dominée par des herbacées, avec quelques arbres ou arbustes dispersés.
Zones agricoles (ZA)	Espaces transformés pour l'agriculture, souvent au détriment de la végétation naturelle.	Cultures vivrières ou commerciales, prairies artificielles, zones de pâturage intensif, sols cultivés.

Il existe un lien fort entre les forêts sèches, les fourrés xérophiles et les savanes, car ces formations végétales peuvent se transformer les unes en les autres sous l'effet de la pression anthropique. En effet, les forêts sèches, initialement composées d'espèces caducifoliées adaptées à la sécheresse, peuvent se dégrader en fourrés xérophiles sous l'effet de la déforestation et du pâturage. Si les pressions continuent, notamment en raison des feux de brousse et du surpâturage, les fourrés xérophiles peuvent à leur tour évoluer vers des savanes, caractérisées par une végétation clairsemée dominée par les herbacées avec quelques arbres ou arbustes résiduels (Gaspard et al., 2018). Cette dynamique est illustrée par l'étude de Brinkmann et al., (2014) (Figure 5), où une augmentation des surfaces de savanes est observé pour une diminution drastique des forêts sèches.

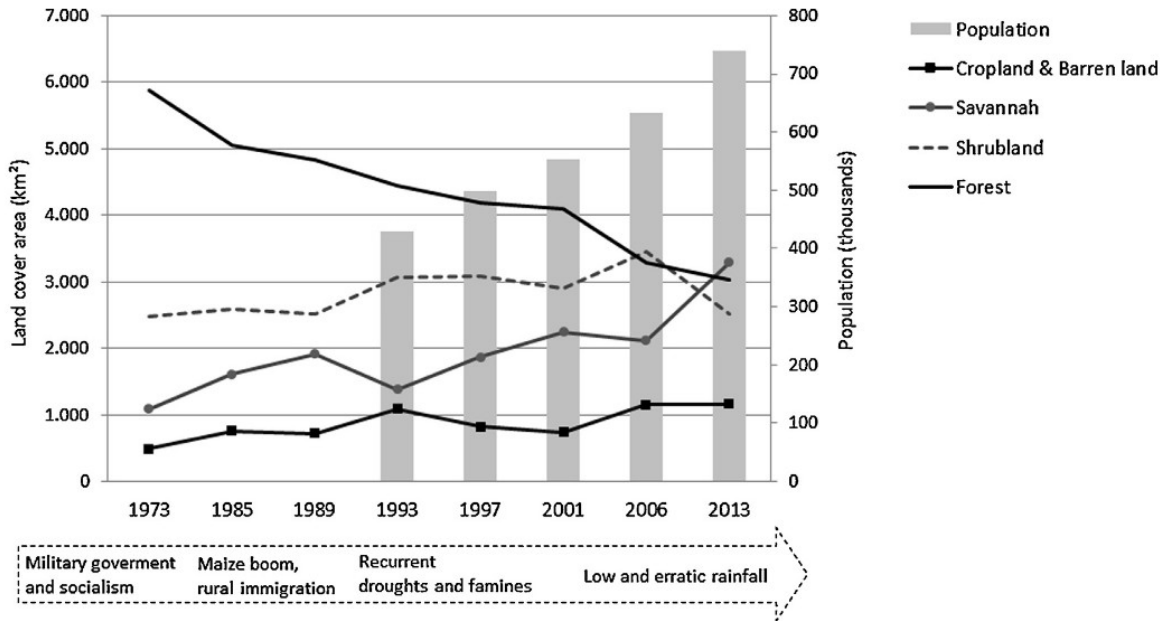


Figure 5: Tendances générales des changements de couverture terrestre de 1973 à 2013 pour le Sud-Ouest de Madagascar et tendances démographiques de 1993 à 2013 pour les trois districts (Betioky-Sud, Toliara II et Ampanihy dans le sud-ouest de Madagascar) (Brinkmann et al., 2014).

Les fourrés xérophiles de cette étude sont composés d'une grande proportion d'espèces arbustives classées en trois types d'architecture par (Randriamalala et al., 2022) (Figure 6).

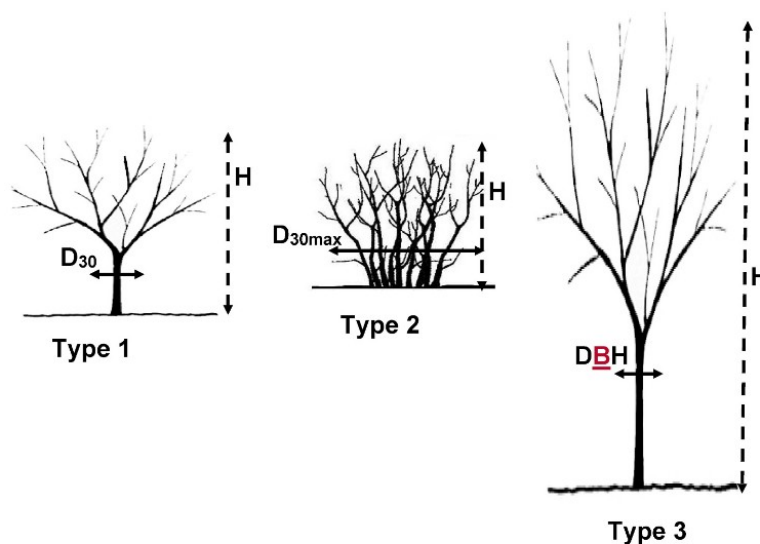


Figure 6: Les trois types d'architecture d'arbustes des fourrés xérophiles selon Randriamalala et al., (2022).

1.3 Contexte sociétal

Le Sud-Ouest de Madagascar abrite une population majoritairement rurale, dominée par le peuple Mahafaly (Brinkmann et al., 2014), est estimée à environ 1,5 million d'habitants (INSTAT, 2020), répartis dans des zones semi-arides où l'accès aux ressources de base reste limité. Les villages, souvent dispersés, reflètent une organisation spatiale adaptée à l'exploitation des maigres ressources naturelles, notamment les pâturages. L'économie locale repose principalement sur des activités de subsistance telles que l'agriculture, la pêche artisanale et l'élevage pastoral (Programme Sectoriel Agriculture Elevage Pêche, 2015). Les cultures vivrières, comme le manioc et le maïs, dépendent fortement des pluies irrégulières, tandis que la pêche est essentielle pour les communautés côtières. L'élevage, en particulier caprin, occupe une place centrale grâce à sa capacité d'adaptation aux conditions climatiques difficiles. Enfin, les zones forestières fournissent aux habitants des services écosystémiques essentiels, notamment de la nourriture, de l'énergie et des médicaments (Dawson et Ingram, 2008).

Cette région fait face à des défis sociaux et environnementaux importants. Une forte croissance démographique (INSTAT, 2020) combinée à un accès limité à l'éducation et aux services de base, notamment pour les femmes, amplifie la pression sur les ressources naturelles (faolex, 2015).

1.4 Problématique

Bien qu'il soit difficile d'estimer les tendances climatiques d'une région donnée, des modèles prévoient une diminution des précipitations (Lim Kam Sian et al., 2021 ; Dosio et al., 2019 ; Barimalala et al., 2018), un allongement de la saison sèche (Coppola et al., 2021), à une augmentation de la fréquence d'épisodes de sécheresse (Harrington et al., 2019) et une hausse des températures moyennes de 1,5 à 2°C (Barimalala et al., 2021) due à une influence desséchante de la cellule de Hadley (Rigden et al., 2024).

Ces prévisions sont inquiétantes au vu de la vulnérabilité des populations locales. En guise d'illustration, d'après les Nations Unies, près de 1,14 million de personnes se sont retrouvées en situation d'insécurité alimentaire lors de la grave sécheresse de 2021 qui a touché le sud de Madagascar, et une situation similaire pourrait bien se reproduire.

Les pratiques agricoles et humaines influencent fortement les fourrés xérophiiles de Madagascar. L'agriculture sur brûlis, la production de charbon de bois et le surpâturage du bétail, causent dégradation et déforestation. Pour une gestion durable, il est crucial de réduire la dépendance des communautés locales aux ressources naturelles en favorisant des alternatives comme l'élevage de chèvres, qui peut très bien générer des biens sans causer de surpâturage.

Malgré cela, il n'existe pas de stratégie de développement de l'élevage à Madagascar. Plus généralement, alors qu'il est largement prouvé que l'élevage jouait un rôle important dans la réduction de la pauvreté des pays en voie de développement (Alary et al., 2011), il est souvent négligé dans les politiques de développement passant au deuxième plan derrière les cultures de céréales (Alary et al., 2011). Par conséquent, l'élevage traditionnel du Sud-ouest de Madagascar est

sous pression à cause notamment de l'extension des terres dédiées aux cultures qui réduit les espaces accessibles pour les éleveurs (Brinkmann et al., 2014).

Dans ce contexte, l'élevage pastoral, et particulièrement celui des chèvres, joue un rôle crucial. Les troupeaux assurent une sécurité économique par leur capacité à être vendus rapidement en cas de besoin, et une sécurité alimentaire grâce à leurs produits, notamment le lait et la viande (Ba, 2020). Par ailleurs, les chèvres sont intégrées à des pratiques culturelles locales, renforçant leur importance sociale (Maminiana et al., 2024).

L'élevage caprin apparaît ainsi comme une stratégie de résilience essentielle pour les populations du Sud-Ouest de Madagascar (Randriamalala et al., 2018). Faciles à élever, résistantes aux conditions arides, et peu exigeantes en ressources, les chèvres contribuent à pallier les aléas climatiques et économiques, tout en soutenant le mode de vie traditionnel des communautés locales (Randriamalala et al., 2018).

Considérant ces problématiques, l'amélioration de l'élevage de caprin dans les fourrés xérophiles des régions du Sud-Ouest de Madagascar entre dans une optique de développement durable en couvrant trois aspects de la théorie de Shi et al., (2019) : l'aspect économique, l'aspect social et l'aspect environnemental.

1.5 L'élevage caprin, moteur du développement durable

1.5.1 Pilier économique

Définir la pauvreté implique de reconnaître que son sens sociologique dépend largement des relations réciproques entre la société et ceux qu'elle désigne comme "les pauvres" (Messu, 2005). Cependant afin de faciliter l'évaluation de l'élevage caprin d'un point de vue économique, nous allons simplement nous servir de la notion de "pauvreté" selon le sens commun occidental.

Ainsi, d'après la banque mondiale, le seuil international de pauvreté est fixé à 2,15 dollars par jours. Cet indicateur est loin de refléter toutes les dimensions de la pauvreté, telles que l'absence d'accès aux besoins fondamentaux (alimentation, santé et éducation), les contraintes budgétaires, la vulnérabilité mentale ou psychologique et la marginalisation sociale (Alary et al., 2011), il reste cependant simple d'utilisation. Ainsi, étant donné que l'élevage caprin du Sud-Ouest de Madagascar n'a pas pour but d'avoir un salaire, aucun produit (viande ou lait) issu de l'élevage n'est vendu par les éleveurs, il ne peut être dit que cette activité réduit la pauvreté des populations locales.

Néanmoins, il est important de garder en tête que l'élevage caprin peut produire de la nourriture à un coût relativement bas à partir de sources d'alimentation provenant de terres souvent impropres à la production de cultures conventionnelles. (Gupta et al., 2013 ; Hoste et al., 2010 ; Thornton et al., 2010)

1.5.2 Pilier social

Une approche plus éclairante sur les bénéfices de l'élevage caprin dans la région de Mahafaly pourrait se baser sur une analyse de la vulnérabilité des populations locales (Ribot, 1995). Pelling et al., (2001) décrit la vulnérabilité humaine comme le produit de l'exposition physique aux risques naturels et de la capacité humaine à se préparer ou à atténuer et à se remettre (faire face) à tout impact négatif d'une catastrophe. C'est dans cette optique que les agriculteurs Mahafaly utilisent leur bétail : comme un moyen d'assurance pour faire face aux périodes de sécheresse, car la viande ne fait pas partie de la consommation quotidienne. (Casse et al., 2004).

En effet, d'après Goetter (2016), la vente de chèvres est utilisée comme assurance lors des années de mauvaise récolte dans 67 % des ménages pouvant ainsi compenser 20 % des déficits alimentaires. D'après Hänke (2016), cette stratégie d'adaptation est l'une des plus adoptées et des plus efficace lors des années de mauvaise récolte (Figure 7).

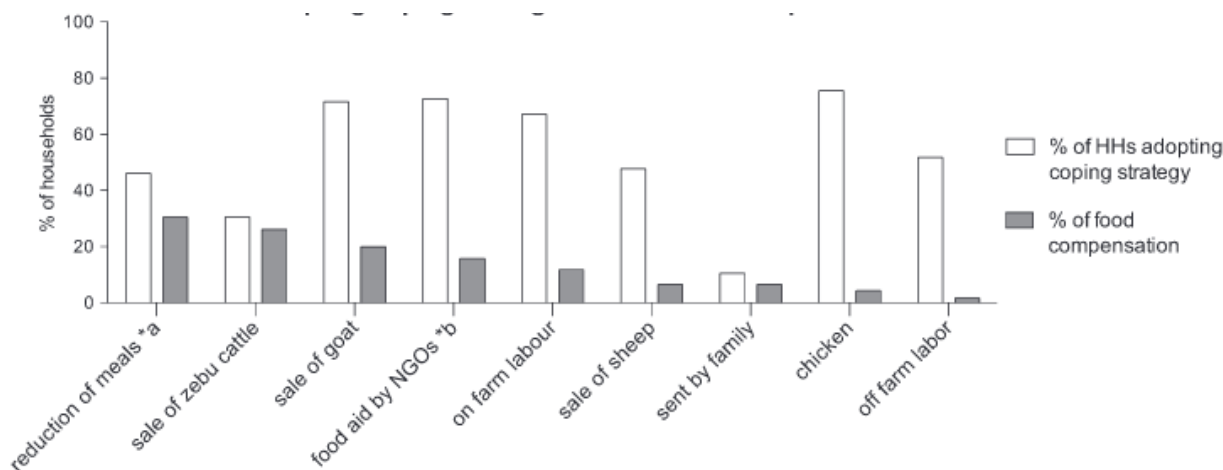


Figure 7: Proportion des ménages adoptant des stratégies de vente de bétail et les compensations des déficits alimentaires attirées (Hänke, 2016).

1.5.3 Pilier environnemental

A) Déforestation

Les régions du Sud-Ouest de Madagascar sont particulièrement touchées par la déforestation. Pour illustrer, dans la forêt des Mikea, massif forestier au nord de Tulear, les surfaces déboisées ont quadruplé depuis la fin des années 1980 (Blanc-Pamard et al., 2005). Les fourrés xérophiles du district de Tolaria II (à quelques kilomètres au sud de la forêt des Mikea) sont dans une situation similaire (Figure 8) (Randriamalala et al., 2017). Les causes de ce phénomène sont illustrées dans la figure 9 L'expansion des cultures de maïs, motivée par des incitations économiques comme la hausse des prix et les migrations (Santpoort, 2020), s'accompagne de pratiques de brûlis pour l'accès foncier, renforcées par l'absence de gestion réglementaire adéquate (Borgerson et al., 2020). Ces dynamiques, combinées à des pressions climatiques et à une demande croissante de maïs pour l'alimentation animale à l'étranger (Kull, 2007), accélèrent la conversion des forêts en terres agricoles.

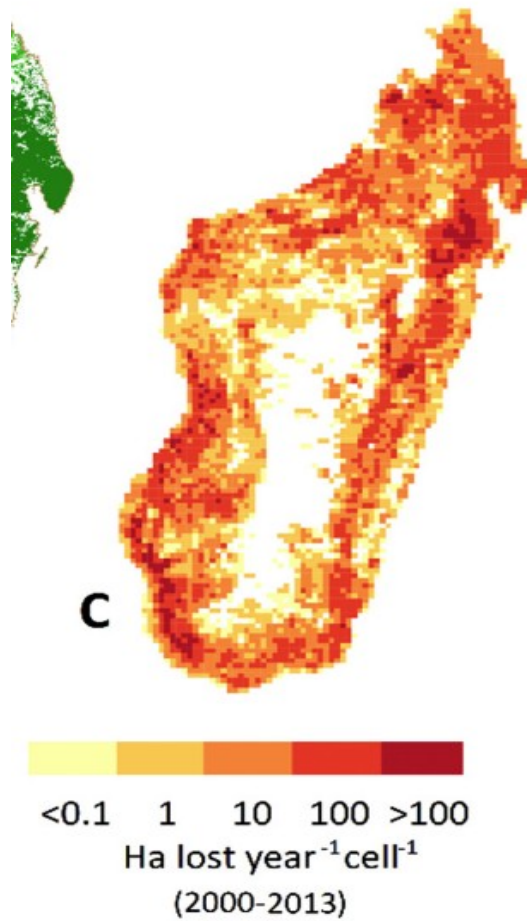


Figure 8: Hectares de forêts et fourrés xérophiiles déforesté par an entre 2000 et 2013.

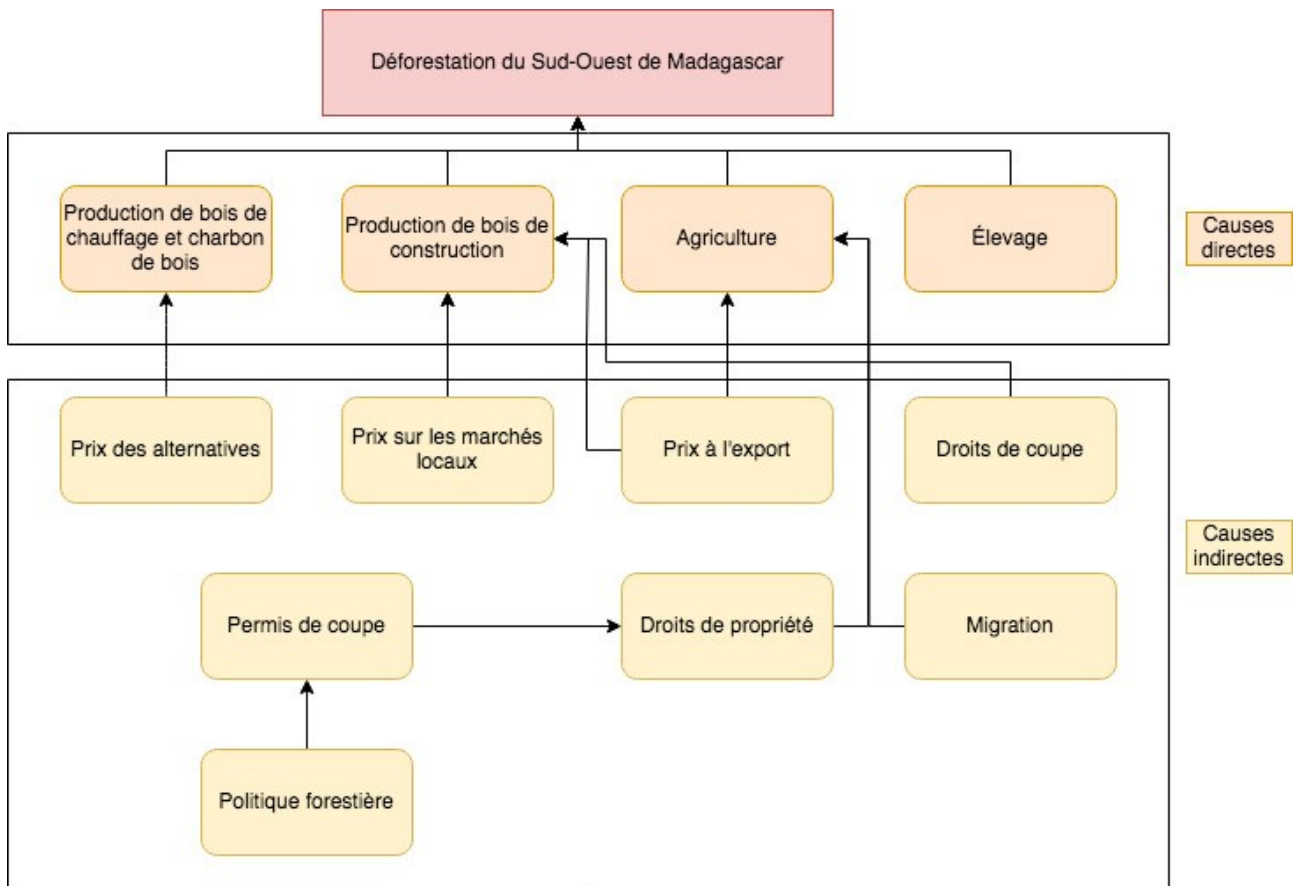


Figure 9: Causes directes et indirectes engendrant de la déforestation dans le Sud-Ouest de Madagascar. Adapté de Casse et al., (2004).

B) Agriculture en abattis-brûlis

L'agriculture en abattis-brûlis, cause directe de déforestation (Figure 9), est une pratique de culture traditionnelle définie comme étant une stratégie de gestion des ressources naturelles dans laquelle il y a une rotation de parcelles ayant pour but d'exploiter le capital énergétique et nutritif de la forêt (Pedroso Junior et al., 2009). Cela constitue souvent la seule source de nutriment pour la culture qui perd donc sa fertilité avec le temps. (Pedroso Junior et al., 2009) En règle générale après trois à cinq ans le rendement des cultures diminue déjà et les mauvaises herbes envahissent le champ, obligeant les agriculteurs à abandonner la terre et à brûler de nouvelles zones de forêt primaire. (Styger et al., 2007 ; Gay-des-Combes et al., 2017) Ceci est combiné à des conditions climatiques et édaphiques plus sévères et à la très lente régénération des forêts (Sussman et al., 1994). Cette alliance de paramètres conduit à une dynamique post-culturelle de transformation en savane (Blanc-Pamard et al., 2005). Dans ce cas le biome initial est donc perdu.

Enfin, il semblerait que la mise en œuvre de peu de projets de développement et une législation insuffisante, favorise une déforestation croissante. Il existe peu d'alternatives pour valoriser la forêt, celle-ci est plutôt supprimée pour la remplacer par des cultures de céréales (Casse et al., 2004). En partant de ce constat, l'élevage caprin pourrait constituer une alternative plus durable à considérer pour valoriser les fourrés xérophiles.

C) Production de charbon de bois

La production intensive de charbon de bois impacte négativement les espaces naturels en engendrant une réduction de densité et de la hauteur maximum des fourrés xérophiiles tout en modifiant la composition floristique (Randriamalala et al., 2017) (Figure 10). Cette activité résulterait également en l'appauvrissement de la biodiversité et des caractéristiques dendrométriques de la flore concernée (Kokou et al., 2009).

Le charbon de bois est une source d'énergie utilisée essentiellement pour la cuisson en Afrique. Son caractère accessible et le coût prohibitif des autres sources d'énergie (ex. gaz, électricité) contribuent au maintien de son usage dans les pays en voie de développement. (Zulu et al., 2013 ;Randriamalala, 2017). Il est donc important de rappeler que l'objectif n'est pas de stopper complètement cette production. En effet, en plus d'être indispensable pour les ménages, elle constitue souvent un revenu complémentaire à ne pas négliger., notamment pour les éleveurs. De plus, un manque d'accès à du bois de chauffage dans les pays concernés peut engendrer une perte de bien-être des populations locales (Arnold et al., 2006). En fait, cette production peut être faite de manière durable (Zulu et al., 2013), cependant les fourrés xérophiiles ont une mauvaise régénération rendant irréaliste la production durable de charbon de bois à partir de la végétation de ceux-ci. Pour répondre à la demande, Randriamalala et al., (2021) recommandent d'intensifier la plantation d'espèces exotiques à croissance rapide pour réduire la pression sur la forêt indigène. Cependant, cela aura pour conséquence de réduire les revenus complémentaires de certains ménages. Une solution pourrait être d'améliorer la rentabilité de l'élevage de petits ruminants dans la région afin de pouvoir se consacrer à cette activité en temps plein (Feldt et al., 2016 ; Raoliarivelo et al., 2013)



*Figure 10: Technique de production de charbon de bois dans le pâturage du site de Soalara-Sud.
Source: Photographie personnelle prise le 21 septembre 2024.*

1.5.4 Description des pratiques d'élevage

A) Pastoralisme

Le pastoralisme, joue un rôle fondamental dans de nombreuses régions arides comme le sud-ouest de Madagascar, où les ressources naturelles limitées conditionnent les modes de subsistance des populations locales. Il regroupe les pratiques d'élevage qui utilisent le pâturage extensif pour valoriser les ressources fourragères spontanées des espaces naturels, aussi appelés "parcours" (Dong, 2016). Ces surfaces pastorales sont souvent caractérisées par des surfaces non cultivées et inadaptées aux activités agricoles classiques (Stahl, 2005) tel que les fourrés xérophiles.

L'élevage pastoral s'articule autour de trois éléments essentiels : le troupeau, les ressources et l'humain (Boussion, 2024). En fonction des effectifs et des besoins de production, le troupeau est conduit de manière mobile en fonction des saisons et des ressources disponibles (Hiernaux et al., 2015). Les ressources pastorales peuvent inclure des surfaces naturelles pâturées ainsi que des cultures complémentaires ou des résidus de culture. Enfin, les éleveurs jouent un rôle crucial dans l'organisation et la conduite du troupeau, optimisant ainsi l'usage des ressources (Dupré et al., 2015).

Ce modèle d'élevage présente de nombreux avantages. Il permet de limiter les intrants et de privilégier une approche écologique qui repose un équilibre entre les processus biologiques de l'animal et ceux du milieu végétal (Gomes, 2019).

Les troupeaux des systèmes pastoraux du Sud-Ouest de Madagascar sont principalement composés de chèvres et de zébus, bien qu'on puisse y retrouver des moutons. D'après Feldt et al. (2017), 60 % des troupeaux étaient constitués d'un ensemble de petits ruminants dont 20 % uniquement de chèvres. Le reste (40%) sont des troupeaux de zébus.

Dans le cadre de cette étude, il est essentiel de décrire les pratiques d'élevage mises en œuvre dans chacun des sites d'étude afin de comprendre comment les caprins interagissent avec leur environnement.

B) Objectifs de la pratique

Les objectifs de l'élevage caprin sont globalement les mêmes dans les deux sites et ne sont pas motivés uniquement par des besoins de consommation directe ou de commercialisation régulière. Il répond plutôt à des fonctions sociales, économiques et symboliques, essentielles pour le maintien des dynamiques communautaires et la gestion des aléas.

Tout d'abord, la taille du troupeau est un marqueur de richesse et de prestige dans la communauté. Posséder un grand nombre de chèvres confère à l'éleveur une reconnaissance et une prestance au sein du village. Cela joue un rôle dans le statut social, les relations de pouvoir et l'intégration communautaire. (Hänke, 2016)

Ensuite, les chèvres sont perçues comme une forme d'épargne. Elles représentent une réserve de valeur mobilisable en cas de besoin urgent, comme lors d'un décès ou de graves

difficultés financières. Cette approche permet de sécuriser un patrimoine facilement convertible (Hänke et al., 2017).

Les chèvres sont aussi utilisées lors d'événements culturels ou rituels, en particulier pour les cérémonies funéraires. Leur abattage lors de ces occasions est empreint d'une forte valeur symbolique, renforçant leur rôle au-delà de l'alimentation. (Hänke, 2016)

Enfin, dans des environnements souvent marqués par l'incertitude économique et climatique, détenir des chèvres constitue un filet de sécurité. Elles peuvent être vendues ou consommées en cas de crise majeure, mais ces situations restent exceptionnelles. (Cooke, 2023)

1.6 Pourquoi étudier l'ingestion des fourrages par les chèvres ?

Tout d'abord, mieux comprendre ces mécanismes permet de préserver les écosystèmes locaux. Identifier les espèces végétales préférées des chèvres et évaluer leur impact sur la régénération des fourrés xérophiles sont des étapes essentielles. Ces connaissances permettront de limiter la pression sur les habitats fragiles et de préserver leur biodiversité.

Ensuite cela a pour but d'optimiser la gestion des ressources. En effet, une compréhension fine des besoins alimentaires des chèvres aidera à proposer des systèmes de pâturage durables. Cela permettra de prévenir le surpâturage, tout en maximisant les bénéfices pour les éleveurs, garantissant ainsi une gestion équilibrée des ressources naturelles.

Enfin, la compréhension du comportement des chèvres au pâturage permet de promouvoir indirectement une justice sociale. En fait, en cherchant à améliorer la rentabilité de l'élevage caprin, cette étude offre une alternative viable aux pratiques non durables telles que l'agriculture sur brûlis et la production de charbon de bois tout en respectant les modes de vie et les traditions des populations locales. C'est un passage obligatoire avant de se pencher sur leur sécurité économique et alimentaire.

C'est dans ce cadre que l'étude prend du sens. Etudier l'ingestion des fourrages par les chèvres est d'une importance cruciale pour répondre aux enjeux environnementaux et sociaux du sud-ouest de Madagascar.

2 Synthèse bibliographique – Facteurs influençant le comportement alimentaire

Les choix alimentaires des chèvres résultent d'interactions complexes entre des facteurs biologiques, environnementaux, et humains repris dans la figure 11.

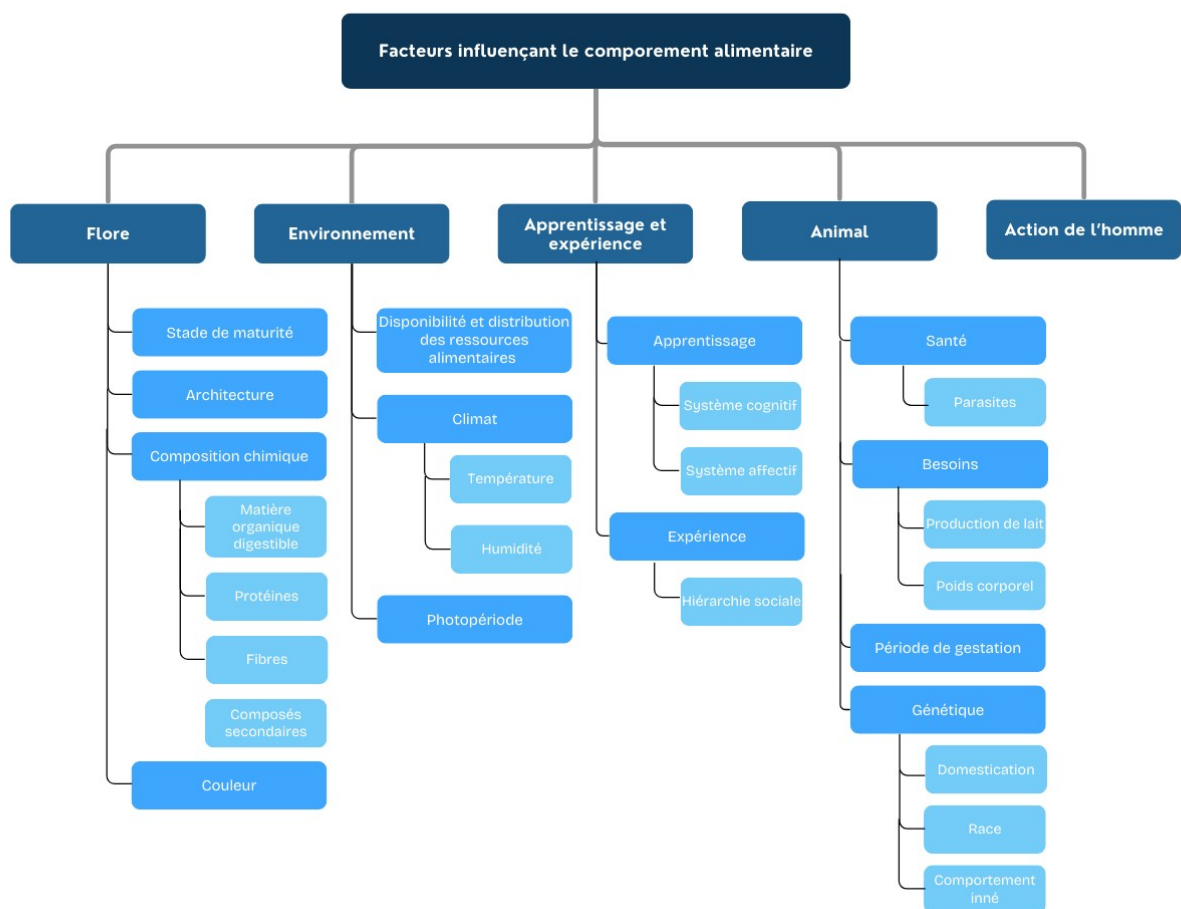


Figure 11: Liste des facteurs influençant le comportement alimentaire des caprins

Les besoins nutritionnels des chèvres, peuvent être déduits à partir de modèles et de données générales. Ces besoins sont influencés par la qualité nutritionnelle du fourrage (Zobel et al., 2019), les caractéristiques physiques des plantes (Rangeland Gateway, 2024), leur composition chimique (Hadjigeorgiou et al., 2003; Barroso et al., 1995), ainsi que la présence de composés secondaires tels que les tannins qui affectent à la fois l'appétence et la digestibilité (Frutos et al., 2004). Parallèlement, les variations environnementales, comme la saisonnalité et les conditions

climatiques, modifient la disponibilité (Angassa et al., 2010) et la qualité des ressources alimentaires, obligeant les chèvres à ajuster leur comportement alimentaire. De plus, les périodes de stress thermique, causées par des températures élevées, entraînent une réduction de l'ingestion de matière sèche pour limiter la chaleur produite par les fermentations ruminales (Alam et al., 2013). Ces conditions peuvent également inciter les chèvres à prolonger leur temps d'alimentation ou à rechercher des zones thermiquement protégées, comme des microclimats plus frais (Fuller et al., 2016).

Les traits génétiques, acquis au cours de l'évolution et de la domestication (Zeder et al., 2000), jouent également un rôle clé dans la diversité des comportements alimentaires observés entre les races et les individus (García-González et al., 1989). Les comportements alimentaires des chèvres reposent sur une combinaison de mécanismes innés et acquis. Les comportements innés, tels que l'évitement des plantes toxiques ou infestées (Berman et al., 2017), résultent d'une longue adaptation évolutive (Jensen, 1961 ; Gish et al., 2017) leur permettant de survivre dans des environnements variés. Ces instincts sont complétés par des comportements acquis, développés grâce à l'apprentissage et à l'expérience, qui permettent aux chèvres de modifier leurs choix alimentaires en fonction de la disponibilité des ressources ou des retours digestifs.

Ces apprentissages se construisent à travers des associations positives ou négatives entre la consommation d'une plante et ses effets digestifs ou physiologiques (Luo et al., 2004 ; Favreau-Peigné et al., 2013 ; Distel et al., 2018), offrant une flexibilité essentielle face aux changements environnementaux. Par ailleurs, des facteurs sociaux, comme la hiérarchie au sein du troupeau influencent également ces choix, particulièrement dans des contextes de compétition pour les ressources (Stamps, 1999 ; Barroso et al., 2000 ; Stears et al., 2014).

De plus, des considérations physiologiques et sanitaires, telles que l'état de santé ou la présence de parasites, affectent directement les comportements alimentaires des chèvres (Coop et al., 1996 ; Kyriazakis et al., 1998). Ces adaptations comportementales s'inscrivent dans une dynamique évolutive visant à maintenir l'homéostasie malgré les contraintes extérieures. Enfin, les pratiques humaines, notamment les interventions des éleveurs, modifient le comportement alimentaire des chèvres, soulignant l'importance de prendre en compte les facteurs anthropiques dans cette analyse.

3 Objectifs de l'étude

L'étude du comportement alimentaire des caprins permet d'obtenir des informations précieuses sur leur régime alimentaire, leurs préférences fourragères et les quantités ingérées (Chebli et al. 2020, 2022).

L'objectif est d'examiner comment les différences entre les deux sites d'étude ainsi que les variations saisonnières impactent ces comportements. Cette analyse comparative permettra d'identifier les caractéristiques spécifiques des sites et des saisons qui conditionnent l'activité alimentaire des chèvres, l'état nutritionnel de celles-ci et les compositions chimiques des fourrages (Figure 12). En obtenant une vision claire des choix alimentaires et de ce qui les détermine, ce diagnostic offrira une base solide pour l'élaboration de mesures visant à optimiser les pratiques d'alimentation des chèvres.

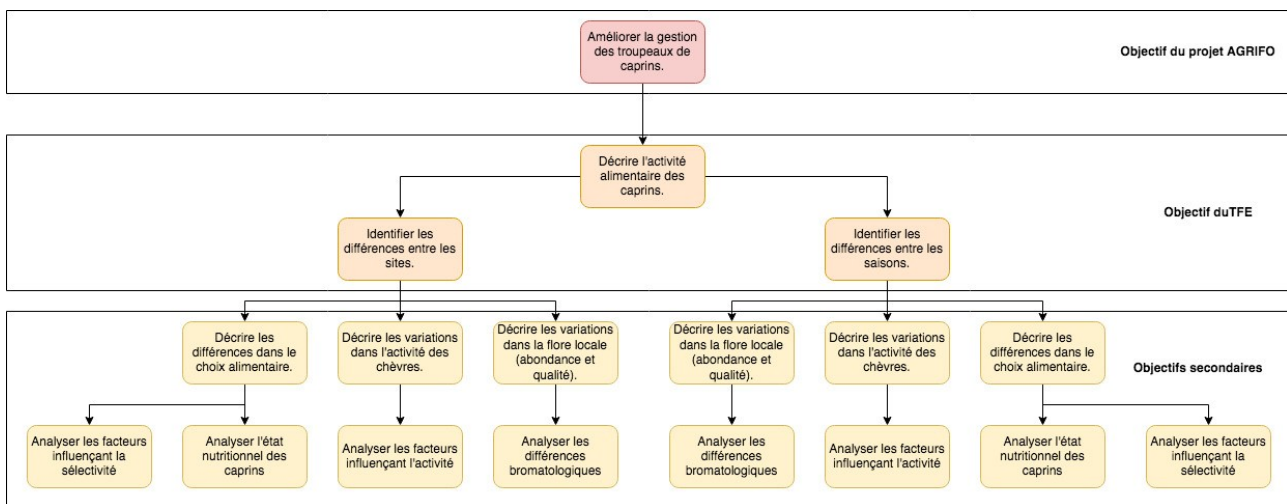


Figure 12: Résumé des objectifs du projet et du travail de fin d'étude.

Ainsi, plusieurs questions de recherche sont posées :

- (1) Quels types de ressources alimentaires sont principalement consommés par les caprins dans les sites et saisons étudiés ?
- (2) Comment la qualité nutritionnelle des espèces végétales varie-t-elle en fonction des saisons et des sites et comment cela influence la sélectivité alimentaire ?
- (3) Quel est l'impact des saisons et des sites sur la qualité et de la quantité de nourriture consommée ?
- (4) Quel est l'impact des saisons et du site sur l'activité alimentaire (pâturage, rumination, repos) au cours de la journée ?

4 Matériel et méthodes

4.1 Description des sites

Les deux sites étudiés déjà décrits dans la partie 1, se situent dans le district de Tolaria II, dans le sud ouest de Madagascar (Figure 13). Le terrain s'y élève doucement depuis une plaine côtière (site de Soalara-sud) au niveau de la mer vers un plateau calcaire largement ouvert (site d'Andranohinaly), avec une altitude maximale de 350 m au-dessus du niveau de la mer plus à l'intérieur des terres, divisant ainsi la région en deux sites considérablement différents en termes d'écologie et d'ethnie des habitants.

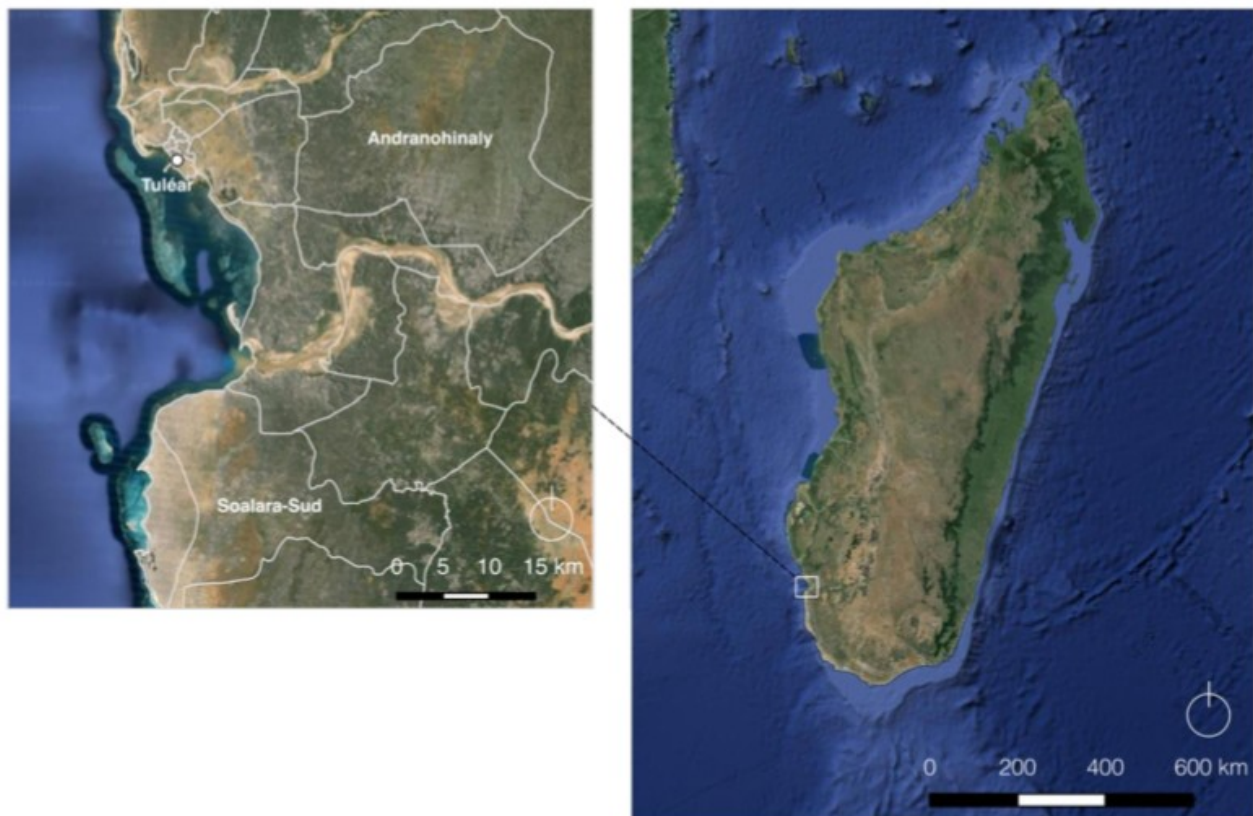


Figure 13: Sites d'étude de Soalara-sud et d'Andranohinaly (Source: Google Earth, consulté le 15/06/2024)

4.1.1 Site Solara-Sud

La vue satellite des sites d'étude nous permettent de décrire la situation stratégique de chaque site d'étude. Sur la figure 14, on observe plusieurs éléments caractéristiques du paysage. Autour du village, les zones déboisées pour la culture de manioc sont bien visibles, témoignant d'une activité agricole intense. À droite de l'image, on distingue le plateau, facilement identifiable par la teinte plus orange du sol, composé de sable roux à ferrugineux typique des plateaux

(Randriamalala, 2016) ainsi que sa falaise délimitant nettement les deux parties. Vers la gauche, le littoral se démarque par un sol plus clair, caractéristique du substrat de sable blanc dunaire (Randriamalala, 2016) sur lequel est implanté le pâturage étudié à Soalara-Sud.

Les vues satellites permettent une analyse plus détaillée. Les fourrés xérophiles, dans lesquels les quadrats ont été réalisés, semblent relativement peu dégradés, préservant encore leur densité et leur couverture végétale. Cependant, au nord, l'avancée des activités agricoles est manifeste, marquée par des zones défrichées et une emprise croissante sur le paysage naturel.

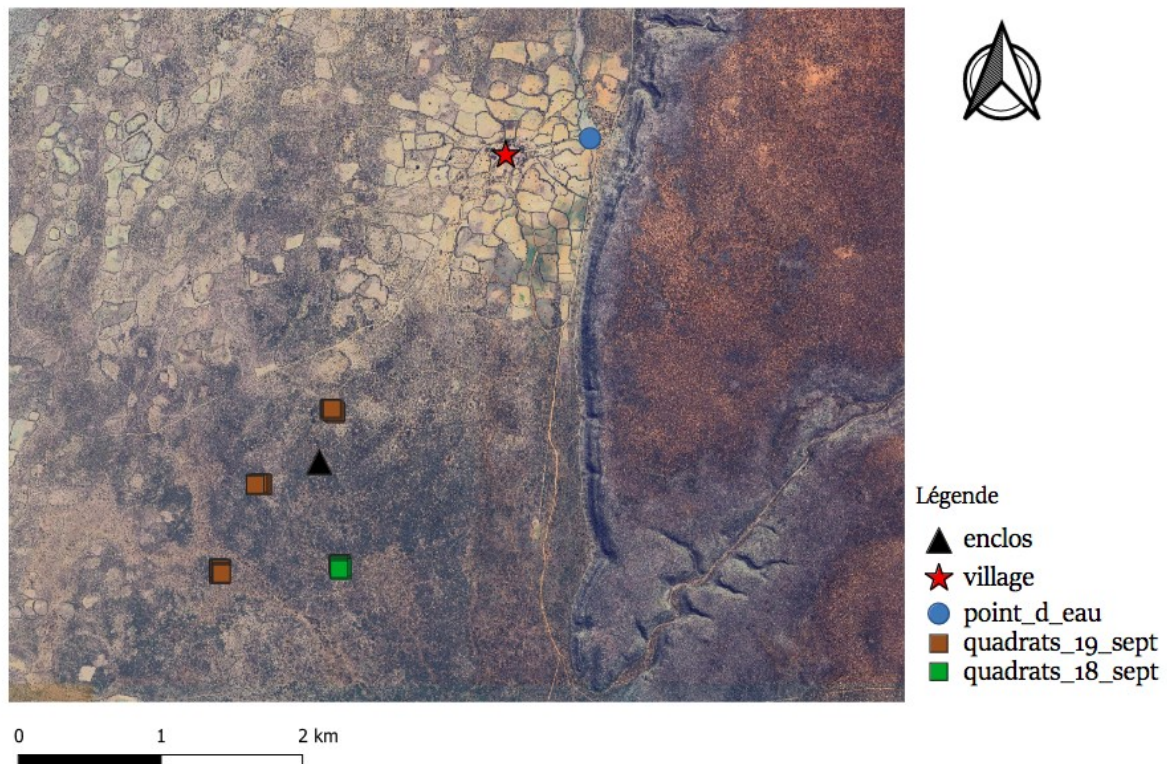


Figure 14: Vue satellite du site d'étude de Soalara-Sud. Source ; Qgis.

A l'échelle locale, le pâturage du site de Soalara-Sud peut être classifié comme étant un ensemble de fourrés bas (FB) (Table 2) et de fourrés bas dégradés (FBD) (Table 2) illustré au mieux sur la figure 15. De plus, on remarque que la strate herbacée n'est quasiment plus visible lors de la fin de la saison sèche et la plupart des espèces ligneuses et lianescentes ne présentent plus ou peu de feuilles.

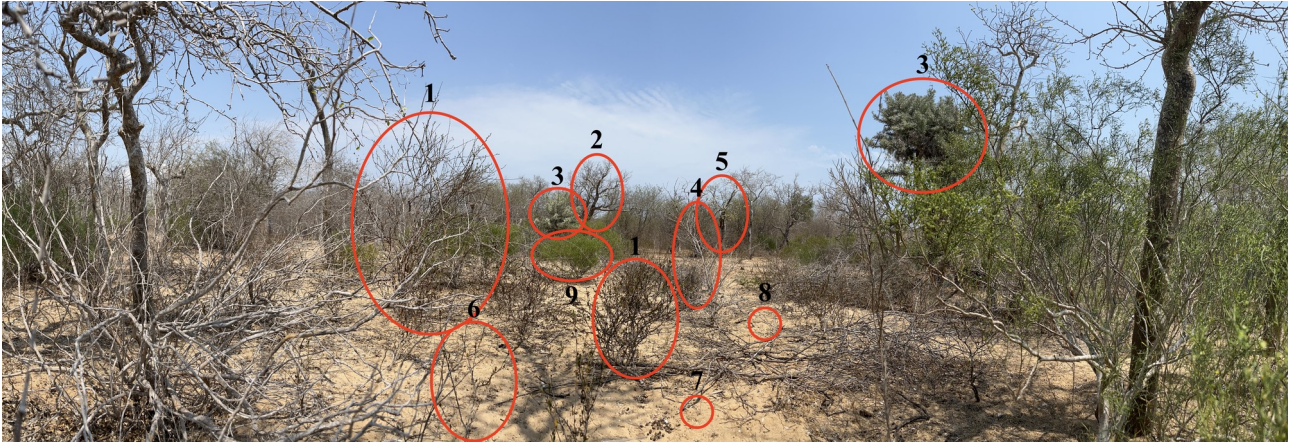


Figure 15: Ensemble de FB et FBD typique des pâturages du site d'étude de Soalara-Sud et ses espèces principales. Source : Photo personnelle, prise le 22 septembre 2024.

Table 2: Liste des espèces végétales présentes sur la figure 15 avec leur classification taxonomique (famille et nom scientifique).

Numéro	Famille	Non scientifique
1	SOLANACEAE	<i>Solanum hippophaeoides</i>
2	BURSERACEAE	<i>Commiphora lamii</i>
3	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia stenoclada</i>
4	FABACEAE	<i>Chadsia grevei</i>
5	GYROCARPACEAE	<i>Gyrocarpus americanus</i>
6	AMARANTHACEAE	<i>Aerva javanica</i>
7	POACEAE	<i>Panicum luridum</i>
8	CONVOLVULACEAE	Indéterminé
9	ZYGOPHYLLACEAE	<i>Zygophyllum madagascariensis</i>

4.1.2 Site Andranohinaly

Le deuxième troupeau étudié se situait dans les alentours d'Andranohinaly, au bord de la RN7, laquelle passe au nord du village. Comme pour le site de Soalara-Sud (SS), les zones agricoles se concentrent principalement autour du village, dans la plaine. En s'éloignant vers la droite de l'image (Figure 16), on observe des massifs rocaillieux, qui servent de pâturages pour les chèvres durant la saison sèche. Une différence notable est que, sur ce site, les quadrats réalisés se situent plus loin du village par rapport à ceux de SS.

Cependant, l'image satellite ayant été prise durant la saison humide, on peut constater que la végétation dans les massifs reste très éparse, se manifestant par une moindre densité de verdure. Cela témoigne de l'état de dégradation avancé des fourrés xérophiiles dans cette zone. En contraste, seules les zones agricoles présentent une couverture végétale continue, probablement grâce à l'activité humaine et à la gestion de ces terres.

A l'échelle locale, le pâturage du site d'Andranohinaly peut être classifié comme étant un ensemble de fourrés xérophiiles dégradés (FBD), de savane (SA) (Figure 16) et de zones agricoles (ZA) (Figure 16).

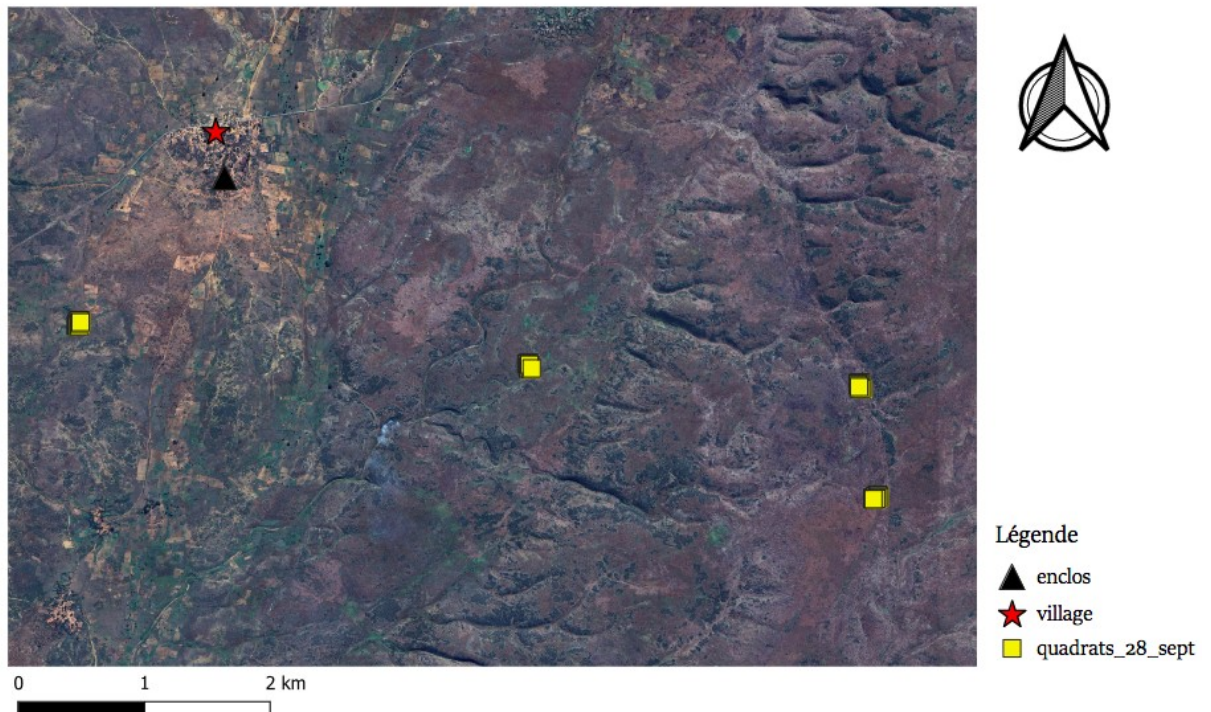


Figure 16: Vue satellite du site d'étude d'Andranohinaly. Source : Qgis.



Figure 17: Ensemble de SA et de ZA typique des pâturages du site de Andranohinaly et ses espèces principales. Source: Photo personnelle prise le 27 septembre 2024.

Table 3 : Liste des espèces végétales présentes sur la figure 17 avec leur classification taxonomique (famille et nom scientifique).

Numéro	Famille	Nom scientifique
1	ANACARDIACEAE	<i>Mangifera indica</i>
2	FABACEAE	<i>Acacia farnesiana</i>
3	POACEAE	<i>Heteropogon contortus</i>



Figure 18: Pâturage de type savane sur les plateaux du site de Andranohinaly et ses espèces principales. Source: Photographie personnelle prise le 26 septembre 2024.

Table 4: Liste des espèces végétales présentes sur la figure 18 avec leur classification taxonomique (famille et nom scientifique)

Numéro	Famille	Nom scientifique
1	CELASTRACEAE	<i>Pristimera bojeri</i>
5	POACEAE	<i>Cenchrus ciliaris</i>
6	POACEAE	<i>Heteropogon contortus</i>
7	RUBIACEAE	<i>Paederia grandidieri</i>

4.2 Pratiques de gestion des troupeaux dans les sites d'étude

Les deux sites présentant des pratiques d'élevage différenciées dans le tableau 5.

4.2.1 Soalara-Sud

À Soalara-Sud, l'élevage est caractérisé par une gestion passive des chèvres. Le chevrier libère le troupeau chaque matin, le laissant se disperser librement dans les fourrés environnants. Les jeunes non sevrés suivent généralement leur mère à l'exception des nouveaux nés qui restent à l'enclos. Les chèvres ont une totale liberté dans leurs choix alimentaires, sans intervention du chevrier. L'abreuvement est assuré à un point d'eau permanent situé à proximité, où le troupeau est conduit un jour sur deux (Figure 20 et 21). L'enclos (Figure 19), installé dans la zone de pâturage, est rudimentaire et jamais entretenu, le chevrier y campant pour surveiller le troupeau contre le vol. La traite, non systématique, dépend des besoins journaliers en lait pour la consommation personnelle du chevrier.



Figure 19: Enclos des chèvres étudiées du site Soalara-Sud. Source: Photo personnelle prise le 20 septembre 2024.



Figure 20: Alentours du point d'eau du site Soalara-Sud. Source: Photo personnelle prise le 21 septembre 2024.



Figure 21: Point d'eau permanent du site de Soalara-Sud. Source: Photo personnelle prise le 21 septembre 2024.

4.2.2 Andranohinaly

À Andranohinaly, la gestion du troupeau est active. Le chevrier guide les chèvres vers des zones de pâturage spécifiques et les incite à consommer certaines espèces végétales à l'aide de signaux sonores ou en présentant directement les ressources. Les jeunes non sevrés restent à l'enclos durant la journée. Contrairement à SS, l'eau est achetée et transportée par camion-citerne

en saison sèche (70 L tous les deux jours pour 47 chèvres). L'enclos est situé au sein du village, offrant une meilleure accessibilité pour les éleveurs. La traite, également non systématique, est influencée par les besoins en eau et la vente potentielle du lait.

Table 5: Tableau récapitulatif des différentes méthodes de gestion d'élevage pour le site de Soalara Sud et d'Andranohinaly

Site	Soalara-sud	Andranohinaly
Rôle du chevrier	Passif	Actif
Alimentation	Libre	Partiellement dirigée
Traite	Non systématique, fonction des besoins journaliers	Non systématique, fonction des besoins journaliers
Eau	Conduite du troupeau au point d'eau	Achat de l'eau en bidon
Enclos	Dans la forêt	Au sein du village

4.3 Période de l'étude

L'étude compare les données collectées durant la saison des pluies (mars 2024) par Mbolatiana Ranaivoharivelo, Nicolas Jungblut et Jean de Dieu Rafalimanana. Les données issues de la fin de la saison sèche (septembre 2024) ont été récupérées par Mbolatiana Ranaivoharivelo, Joana Andriamanohijaona et Simon Leclercq.

4.4 Sélection et mesure des individus observés

Compte tenu de l'importance de la hiérarchie sociale dans un troupeau de caprin (Stamps, 1999 ; Barroso et al., 2000 ; Stears et al., 2014) la sélection des individus étudiés le prend en compte. Les troupeaux étudiés ne sont pas nouvellement formés, de ce fait la hiérarchie de ceux-ci ont eu le temps de s'installer.

La méthode de sélection par dominance a été choisie. Etant donné que morphologiquement les chèvres dominantes sont les plus grandes et les plus lourdes (Pascual-Alonso et al., 2013), cela atténue les impacts que peut avoir le poids du collier GPS (Figure 22) sur le comportement des chèvres étudiées. Enfin les individus choisis n'ont pas de symptômes visibles indiquant un problème de santé ou une boiterie. Les caractéristiques des chèvres sélectionnées sont reprises dans les tableaux 6 et 7.

Table 6: Caractéristiques des chèvres étudiées site Soalara Sud.

Site Soalara Sud			
	Chèvre 1	Chèvre 2	Chèvre 3
Age	> 3 ans	> 3 ans	> 3 ans
Phase de gestation	Début lactation	Début lactation	Non gestante ?
Longueur du dos	53cm	63cm	52cm
Tour de poitrine	77cm	79cm	76cm
Hauteur	62cm	53cm	64cm
Nb chevreaux à charge	1	2	0

Table 7: Caractéristiques des chèvres étudiées site Andranohinaly.

Site Andranohinaly			
	Chèvre 1	Chèvre 2	Chèvre 3
Age	Environ 4 ans	Environ 4 ans	Environ 4 ans
Phase de gestation	Fin de gestation	Début lactation	Début lactation
Longueur du dos	53cm	54cm	50cm
Tour de poitrine	75cm	80cm	78cm
Hauteur	66cm	68cm	69cm
Nb chevreaux à charge	0	0	0

Le poids corporel des chèvres (BW, Body Weight, en kg) a été estimée à partir des mesures morphologiques des tables 6 et 7 en utilisant l'équation utilisée par les marchands de bétails américain (Bear valley co-op, 2020)

$$BW = (HG^2 * BL / 300) * 0,453592 \quad (1)$$



Figure 22: Modèle du collier GPS attaché au coup des chèvres suivies.
Source : Photographie personnelle prise le 22 septembre 2024.

4.5 Suivi des chèvres au pâturage

La sélection des espèces végétales et l'estimation de la masse des bouchées (Bite Mass, BM) des chèvres dans leur pâturage naturel est effectué par observation directe en suivant la méthode « continuous bite monitoring » décrite par (Bonnet et al., 2015) et utilisée par bon nombre d'auteurs (Meuret et al., 1985 ; Kababya et al., 1998 ; Mancilla-Leytón et al., 2012 ; González-Pech et al., 2015 ; Manousidis et al., 2016).

Le comportement de sélection de fourrage des chèvres a été observé sur trois jours consécutifs comme l'ont fait (Mancilla-Leytón et al., 2012 ; Feldt et al., 2017) lors des périodes et sur les sites décrits plus tôt.

4.5.1 Familiarisation mutuelle

Etant donné que le comportement animal peut être modifié à cause de la présence d'un observateur (Goetsch et al., 2010), l'application de la méthode doit commencer par une familiarisation mutuelle (Bonnet et al., 2015). Cette étape a pour but d'améliorer la qualité de la relation homme-animal permettant d'atténuer tout comportement non habituel découlant de la proximité de l'observateur (Waiblinger et al., 2006). Etant donné que les chèvres étudiées ont déjà été suivies deux fois durant trois jours, une période de familiarisation raccourcie a été considérée comme suffisante. La première approche des chèvres étudiées a été effectuée dans l'enclos lors de la collecte de matières fécales. Nous considérons une chèvre totalement familiarisée une fois que l'observateur peut s'approcher de celle-ci à une distance de 0,5m à 1,5m sans modifier son comportement spontané (Agreil et al., 2004 ; Braghieri et al., 2011) (Figure 23). Enfin, pour l'analyse des données, nous considérons que le comportement alimentaire de la chèvre n'est pas modifié si la période de familiarisation a été effectuée avec succès (Perevolotsky et al., 1998).



Figure 23: Observateur à proximité (moins d'un mètre) des chèvres étudiées lors du suivi. Photographie personnelle prise le 27 septembre 2024.

4.5.2 Entraînement des observateurs

Toujours suivant le protocole de (Bonnet et al., 2015), une après-midi sur le terrain a été dédiée à entraînement des observateurs à la méthode.

4.5.3 Acquisition des données

Le suivi s'est déroulé sur trois jours consécutifs par site, chaque observateur suivant la chèvre qui lui est attribué. Dans tous les cas l'observateur veille à rester proche de l'animal, avec une vue claire de sa bouche et des parties de plantes sélectionnées (Bonnet et al., 2015). Les données collectées sont encodées suivant la grille de codage des bouchées (Table 8) grâce à un dictaphone (modèle PHILIPS Dictaphone VoiceTracer 8 GB) puis enregistrées sur un ordinateur à la fin de la journée de suivi. La totalité des bouchées est comptabilisé, ainsi tous les pas en dehors des périodes de déplacement.

4.5.4 Identification des plantes

Ce sont des éleveurs locaux qui identifient, avec le nom vernaculaire malgache, les espèces végétales consommées par les chèvres. Les noms scientifiques ont ensuite été identifiés au parc zoologique et écologique de Tsimbazaza.

4.5.5 Grille de codage des bouchées

Une grille de codage des bouchées a été élaboré conformément à la méthode décrite par Bonnet et al., (2015). Durant le suivi, chaque observateur était suivi par un assistant, lui même éleveur dans le village de séjour. Le rôle de l'assistant était de dire le nom vernaculaire malgache de l'espèce végétale sélectionnée à chaque bouchée, tout en précisant si la partie consommée était le fruit ou une feuille. Chaque observateur utilisait un code oral (Table 8) pour l'encodage des données.

Table 8: Grille de codage des bouchées. Colonne de gauche : mot prononcé à l'oral lors du suivi. Colonne de droite : action correspondante.

Code oral	Description de l'action
« Bite »	La chèvre prend une bouchée quelle que soit la quantité que celle-ci contient. (fruit entier ou un morceau de feuille sont tous les deux équivalant à un « bite »).
« Step »	La chèvre fait un pas. Les pas sont définis comme étant le mouvement vers l'avant d'une de ses pattes avant. C'est à dire le $\cos(2n\pi)$ avec $n \in \mathbb{N}$ dans la courbe E_p (Figure 24) de Griffin et al. (2004).
« En déplacement »	La chèvre regarde droit devant elle et se déplace

	avec une fréquence de pas constante.
« Immobile »	La chèvre est debout sans se nourrir, souvent en alerte.
« Repos debout »	La chèvre est debout sans se nourrir et sans se préoccuper des alentours.
« Repos allongé »	La chèvre est allongée et ne rumine pas.
« Rumination »	La chèvre rumine, quelle que soit sa posture.

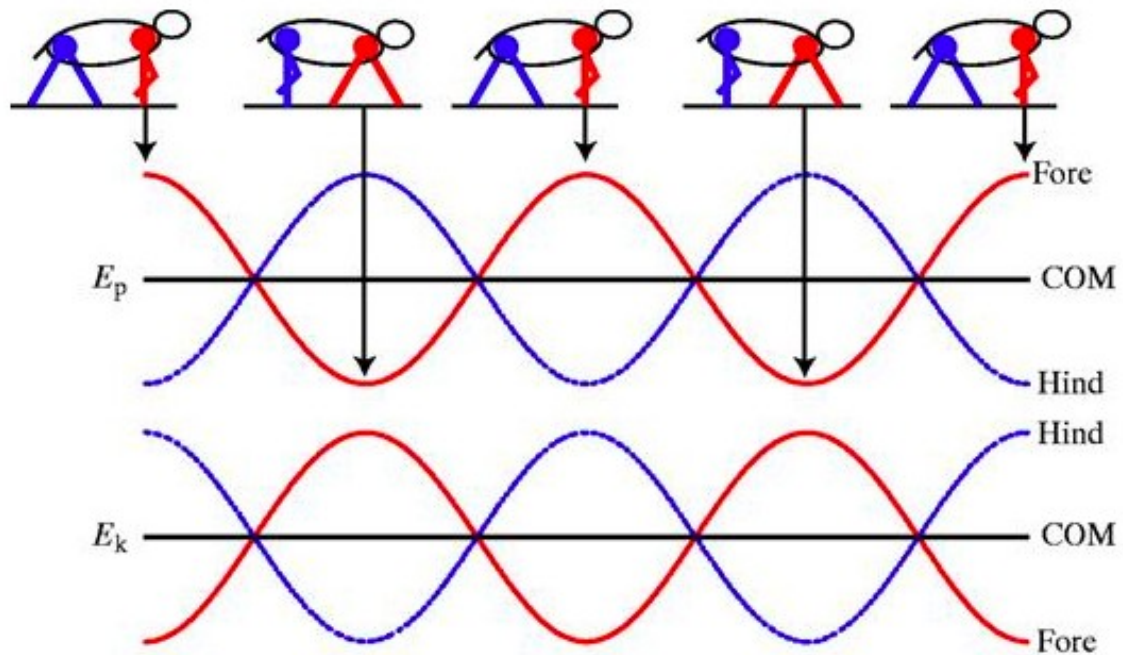


Figure 24: Courbe sinusoïdale pour définir un pas (Griffin et al., 2004)

4.5.6 Réécoute des enregistrements

Enfin, les données enregistrées sur le terrain ont été transférées sur un tableur excel. Lors des réécoutes, le temps passé à la recherche de nourriture ainsi que les courtes pauses jusqu'à 10 secondes ont été comptabilisées dans la durée d'alimentation (Faisca et al. 2023).

4.6 Hand-plucking

Etant donné que la masse prélevée par bouchée dépend du choix de l'espèce végétale et de son architecture (Gong et al., 1993 ;Gordon et al., 1996), pour estimer au mieux ce qu'a ingéré la chèvre durant la période d'étude, il faut estimer la masse de matière sèche d'une bouchée BM_i pour une chaque espèce végétale i . Pour cela, la méthode de hand-plucking de Halls, (1954) a été

appliquée. Chaque observateur doit examiner attentivement la façon dont la chèvre prend ses bouchées sur chaque espèce, puis reproduire manuellement ces prises en les imitant.

4.7 Mesure de la diversité et de l'abondance de la flore

La méthode d'échantillonnage utilisée pour estimer la diversité et l'abondance de la flore dans chaque site est une version modifiée de la méthode imbriquée de Whittaker (MOD-WHITT) suivant le dispositif expérimental de la figure 25.

Le dispositif est installé grâce à des cordes délimitant chaque quadra (Figure 26).

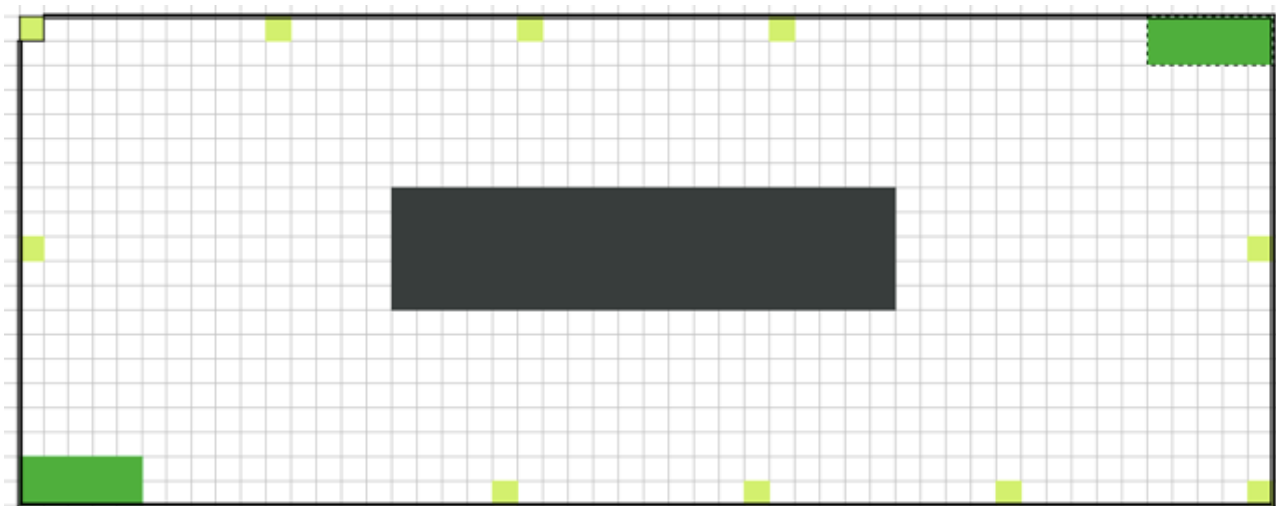


Figure 25: Schéma du dispositif expérimental. Chaque case représente des carrés de 1x1m.



Figure 26: Mise en place des quadrats avec les cordes, site Andranohinaly

Les grands quadrats de 20*50m sont placés partiellement aléatoirement sur le site. C'est à dire que l'emplacement est choisi aléatoirement tout en veillant à ce qu'il se situe sur parcours des chèvres observé.

Le dispositif expérimental est divisé en plusieurs parcelles distinctes (Table 9). Dans chaque quadra, des mesures différentes ont été prises. Celles-ci ont pour but d'appliquer l'équation de régression allométrique de (Randriamalala et al., 2022) afin d'estimer au mieux la biomasse disponible pour les espèces ligneuses. Concernant les espèces herbacées, 40 quadrats destructifs carrés de 1*1m sont effectués afin de rester dans la continuité de ce qui avait déjà été fait lors de la saison des pluies. Dans ces quadrats, la totalité du matériel végétal consommable par les chèvres est récolté jusqu'à 1,50 m. Les branches, les parties non consommables et/ou trop ligneuses n'ont pas été prélevées ainsi que les parties considérées comme des résidus (en dessous de 3 cm) (Figure 27).

Table 9: Récapitulatif des mesures effectuées sur chaque type de quadrats

Dimension	1*1m	2*5m	5*20m
Couleur sur la figure			
Nombre de répétition par dispositif	10	2	1
Type	Destructif	Non destructif	Non destructif
Mesure effectuée	<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement matière végétale consommable • Décompte nombre de plants par espèce 	<ul style="list-style-type: none"> • Décompte du nombre de plants par espèce • Mesure diamètre basal et hauteur, décompte nombre de tige au dessus de 1,2m pour les espèces ligneuses 	<ul style="list-style-type: none"> • Décompte du nombre de plants par espèce ligneeuse • Mesure de la hauteur des espèces ligneuses

Table 10: Comparaison des méthodes d'échantillonnage entre la saison des pluies (mars) et la fin de la saison sèche (septembre)

Période d'étude	Mars (saison des pluies)	Septembre (saison sèche)
Méthode d'échantillonnage	Complètement aléatoire	Méthode de Whittaker modifiée
Quadrats destructifs	40 quadrats de 1*1m par site	40 quadrats de 1*1m par site
Quadrats descriptifs	40 quadrats de 4*10 m par site	8 quadrats de 2*5m 4 quadrats de 5*20m par site

Dans les deux cas les quadrats destructifs ont les mêmes dimensions, ainsi la comparaison entre les deux saisons reste possible.

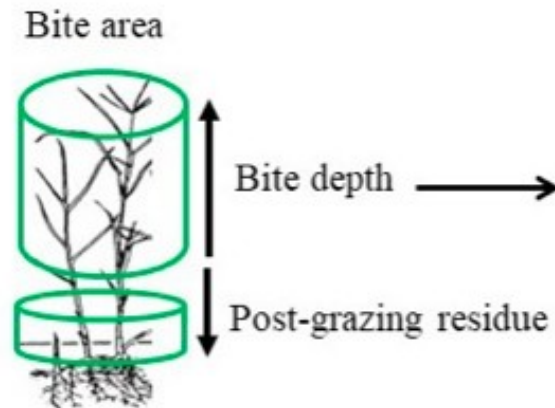


Figure 27: Représentation des parties végétales prélevées

4.8 Décompte des troupeaux

La détermination de la composition des troupeaux étudiés a été faite grâce à un comptage des individus à la sortie de l'enclos. Pour le faciliter, les éleveurs laissent sortir les chèvres une par une. Une vidéo de la sortie est également prise en guise de vérification.

4.9 Biomasse disponible

La biomasse disponible est calculée en suivant les équations

$$BD_i = \sum_{i=1}^n (Q_i) \quad (2)$$

où BD correspond à la biomasse totale retrouvée dans les 40 quadrats destructifs pour une espèce i , Q_{ni} à la biomasse retrouvée dans un quadrat n pour une espèce i , avec $n \in [0;40]$.

$$BD_{tot} = \sum_{i=1}^n (BD_i) \quad (3)$$

où BD_{tot} correspond à la biomasse totale, toute espèce i confondue retrouvée dans les 40 quadrats destructifs.

$$P_i = \frac{BD_i}{BD_{tot}} \quad (4)$$

où P_i correspond à la proportion de disponibilité d'une espèce i dans le pâturage.

4.10 Consommation quotidienne

Pour chaque espèce végétale i , la consommation quotidienne (Daily Intake, DI) est calculée par le produit du nombre de bouchées par unité de temps (Bite Rate, BR), obtenu via l'observation directe, et la quantité de fourrage saisie par bouchée (Bite Mass, BM) obtenue via le hand-plucking (Figure 28) et le temps t passé au pâturage.

$$IR_i = BR_i * BM_i \quad (5)$$

$$DI_i = IR_i * t \quad (6)$$

$$DI_{tot} = \sum (DI)_i \quad (7)$$

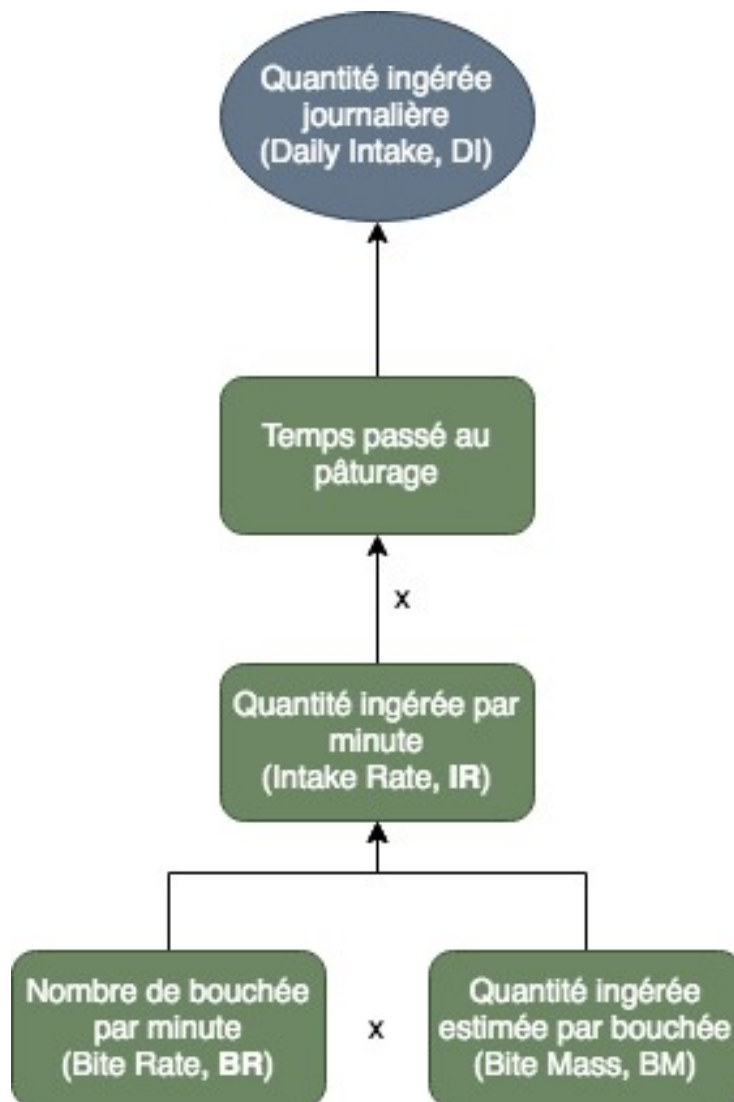


Figure 28: Etapes de calcul du DI, adapté de Hodgson, (1990)

4.11 Composition de l'alimentation

Chaque espèce végétale a été classé au préalable dans plusieurs groupes i qui correspondent aux familles végétales. Ensuite, la composition du régime alimentaire a été évaluée pour chaque jour d'observation et pour les deux périodes (Manousidis et al., 2016), en appliquant la formule développée par El Aich et al. (2007) :

$$DP_i = \frac{NB_i * BM_i}{\sum_{i=1}^n (NB_{tot} * BM_{tot})} \quad (8)$$

où DP_i correspond à la proportion alimentaire du groupe de plantes i , NB_i au nombre de bouchées enregistrées pour le groupe de plantes i , BM au poids moyen des bouchées pour ce même groupe, et n au nombre total de groupes de plantes observés.

De la même manière, la composition du régime alimentaire en terme de proportion de biomasse sèche par espèce j dans le régime des caprins (DC) est calculé grâce à l'équation ... (Chebli et al. 2020, 2022; Manousidis et al. 2016; Aïch et al. 2007)

$$DC_j = \frac{NB_j * BM_j}{\sum_{j=1}^n (NB_{tot} * BM_{tot})} \quad (9)$$

où DC_j correspond à la proportion alimentaire de l'espèce j , NB_j au nombre de bouchées enregistrées pour une espèce j , BM au poids moyen des bouchées pour ce même groupe, et n au nombre total d'espèce de plantes observées.

Pour mesurer la diversité alimentaire au sein de chaque saison, l'inverse de l'indice réciproque de Simpson (El Aich et al., 2007) a été utilisé, défini par la formule suivante :

$$ID = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2} \quad (10)$$

où ID est l'indice de diversité, p_i la contribution relative de chaque groupe de plantes au régime alimentaire de la saison, et n le nombre total de groupes de plantes.

4.12 Sélectivité

L'indice de sélectivité a une valeur comprise entre -1 et +1. Plus la valeur est élevée, plus l'espèce végétale est préférentiellement consommée par la chèvre (Pisani et al. 2000; Manousidis et al. 2016 ;Chebli et al. 2020, 2022). Il est calculé à partir de l'équation 11.

$$S_j = \frac{DC_i - P_i}{DC_i + P_i} \quad (11)$$

où S_i représente l'indice de sélectivité d'Ivlev pour une espèce végétale i , DC à la proportion dans l'alimentation des chèvres de la même espèce i et P_i correspond à la proportion de disponibilité d'une espèce i dans le pâturage.

4.13 Diversité et hétérogénéité des sites

Les fourrés xérophiles sont des milieux hétérogènes. Afin de comparer les hétérogénéités des flores des deux sites et de mettre en évidence leurs différences dans le but d'expliquer les variations de comportement, deux indices sont calculés.

Premièrement, l'indice de Shannon Shannon, (1948) est utilisé afin de mesurer la diversité d'une communauté en prenant en compte à la fois le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique) et l'abondance relative de chaque espèce (Dušek et al., 2017). La formule de l'indice est la suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log(p_i) \quad (12)$$

Où S est le nombre total d'espèces inventoriées dans les quadrats du site et p_i est la proportion d'abondance de l'espèce i (nombre d'individus de l'espèce i divisé par le nombre total d'individus).

4.14 Classification en strates végétales

Pour classer les espèces végétales en strates (herbacée, arbustive, arborée), nous nous sommes appuyés sur leurs caractéristiques écologiques et morphologiques reprise dans la table....

Table 11: Strates végétales et leurs caractéristiques écologiques et morphologiques pour la classification

Strate	Caractéristique écologique et morphologique
Herbacée	Plantes non ligneuses de petite taille (<1 mètre) avec des tiges souples, telles que les herbes, les fleurs et les fougères.
Arbustive	Plantes ligneuses de taille inférieure à 5 mètres, caractérisées par des troncs ramifiés proches du sol.
Arborée	Plantes ligneuses de grande taille, avec un tronc principal bien développé et une hauteur souvent supérieure à plusieurs mètres, formant la couche supérieure de l'écosystème.

4.13 Analyses des bouchées au laboratoire

4.13.1 Séchage échantillons

L'analyse bromatologique des échantillons récupérés par hand-plucking est effectuée au sein du département des recherches zootechniques vétérinaires et piscicoles du laboratoire de chimie de la nutrition animale d'Ampandranomby à Antananarivo. Les échantillons ont été séchés par exposition au vent et au soleil sur le terrain dans des sachets plastiques perforés (Figure 29).



*Figure 29: Echantillons en train de sécher, site Andranohinaly.
Source : Photographie personnelle prise le 27 septembre 2024.*

Les échantillons ont ensuite été placés à l'étuve (Figure 30) durant une durée de 3 jours à une température de 60°C afin d'uniformiser le séchage.



Figure 30: Photographie du modèle de l'étuve utilisée (Memmert). Source : Photographie personnelle prise le 3 novembre 2024.

4.13.2 Analyses NIRS

Des analyses NIRS (méthode par spectrométrie dans le proche infrarouge) (Figure 33) sont effectuées afin d'obtenir la composition chimique de nos échantillons (Norris, 1985) récupérés par hand-plucking décrit plus tôt. Un broyage des échantillon à l'aide d'un broyeur électrique (Figure 31) suivi d'un tamisage (Figure 32) sont nécessaires avant de lancer l'analyse.

La valeur nutritionnelle des fourrages est caractérisée par la composition en matière azotée, la teneur en cellulose brute, la teneur en constituants pariétaux NDF (Neutral Detergent Fiber) et ADF (Acid Detergent Fiber) ainsi que la teneur en énergie brute. D'autres constituants seront également considérés tels que la teneur en eau, les protéines brutes, les cendres brutes et les matières grasses brutes.



Figure 31: Broyeur utilisé. Source : photographie personnelle prise le 5 novembre 2024.



Figure 32: Tamisage des échantillons broyés. Source : photographie personnelle prise le 5 novembre 2024.



Figure 33: Analyse SPIR effectuée par Mbolatiana Ranaivoharivelo. Source : Photographie personnelle prise le 6 novembre 2024

4.13.3 Energie brute

L'énergie brute sera obtenue avec les résultats précédents en suivant la formule développée par Weende (Schiemann et al, 1971) :

$$EB_i = 5,72 PB_i + 9,50 MG_i + 4,79 CB_i + 4,17 ENA_i \quad (12)$$

Où EB_i est l'énergie brute en kcal/100g de matière sèche, PB_i la protéine brute, MG_i la matière grasse et CB_i la cellulose brute en % de matière sèche, pour une bouchée sur une espèce i donnée.

$$\text{Avec, } ENA_i = MS_i - (CB_i + PB_i + MG_i) \quad (13)$$

4.14 Dépenses énergétique journalières pour la locomotion

4.1 Détermination de la fréquence de marche

Après la réécoute des enregistrement, une fréquence de pas moyenne a été déterminée pour chaque chèvre lorsque celle-ci est « en déplacement » (Table 8) et sont repris dans la table 12.

Table 12: Fréquence de pas moyenne lors du déplacement déterminée pour chaque chèvre étudiée lors de la fin de la saison sèche.

N° de la chèvre	SS	AND
Chèvre 1	42 pas/min	42 pas/min
Chèvre 2	60 pas/min	66 pas/min
Chèvre 3	42 pas/min	60 pas/min

4.14.2 Nombre de pas effectués

Le nombre total de pas parcouru sur une journée (P_{tot}) de suivi i par un chèvre j est calculé grâce à l'équation (14) :

$$P_{tot_{ij}} = (f_{ij} * t) + P_{ij} \quad (14)$$

Où f est la fréquence de pas estimée (Table 12), t le temps de déplacement (en min) et P le nombre de « step » comptabilisé par la chèvre hors périodes de déplacement.

4.14.3 Longueur d'un pas

Les estimations de Rifkin et al. (2019) ont été utilisées pour estimer la longueur de pas (SL, Step Length, en cm) des chèvres étudiées.

$$SL = 81,91 \text{ cm}$$

4.14.4 Energie dépensée par pas

Les estimations (Lachica et al., 2005) sont utilisées pour calculer l'énergie nette dépensée (NC, Net energy cost) pour la locomotion des chèvres étudiées.

$$NC = 3,35 \text{ J}/(\text{kg BW m})$$

L'énergie dépensée par mètre parcouru a été déduite pour cette étude en multipliant NC par le BW (équation 1) de chaque chèvre étudiée.

Enfin l'énergie totale dépensée sur la journée (DEC, Daily Energy Cost, en J) par une chèvre suite au déplacement est déduite grâce à l'équation suivante :

$$DEC = NC * BW * P_{tot} * SL \quad (16)$$

Avec P_{tot} obtenu via l'équation 15 et BW via l'équation 1.

4.15 Analyse statistique

Le logiciel R (version 4.3.1) et l'extension RStudio ont été utilisés pour effectuer les analyses statistiques. Les données ont été soumises à des analyses de variance (ANOVA) pour comparer les moyennes des variables entre les deux sites d'étude, des régressions multiples, utilisées pour identifier les relations entre les pratiques d'élevage et les paramètres environnementaux ou comportementaux et des itérations supplémentaires, appliquées pour ajuster les modèles statistiques et vérifier la robustesse des résultats. Enfin, les visualisations (histogramme des résidus et Q-Q plot) ont été réalisées avec le package base.

5 Résultats

5.1 Caractéristiques des sites

5.1.1 Diversité et hétérogénéité des sites

Table 13: Indices de Shannon calculés pour le site de Soalara-sud (SS) et Andranohinaly (AND).

Site	Indice de Shannon calculé	Différence observée	P valeur
SS	1,48	0,09	0,876
AND	1,57		

Les indices de diversité de Shannon calculés sont respectivement de 1,58 pour le site de Soalara-Sud et de 1,61 pour le site de Andranohinaly (Table 13) Un test de permutation avec 1000 itérations a donné une p-valeur de 0,876, indiquant qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les diversités des deux sites ($p > 0,05$). Cela suggère que les deux sites ont des niveaux de diversité similaires.

L'histogramme ci-dessus (Figure 34) présente la distribution des différences permutées entre les indices de Shannon pour les deux sites étudiés. Cette distribution a été obtenue en effectuant un test de permutation avec 1000 itérations. Lors de chaque permutation, les données des deux sites ont été combinées puis réparties aléatoirement en deux groupes de tailles égales aux échantillons d'origine, et la différence des indices de Shannon a été calculée.

La ligne rouge en pointillé représente la différence observée entre les indices de Shannon des deux sites. La position de cette ligne par rapport à la distribution indique dans quelle mesure la différence observée se démarque des différences attendues par hasard.

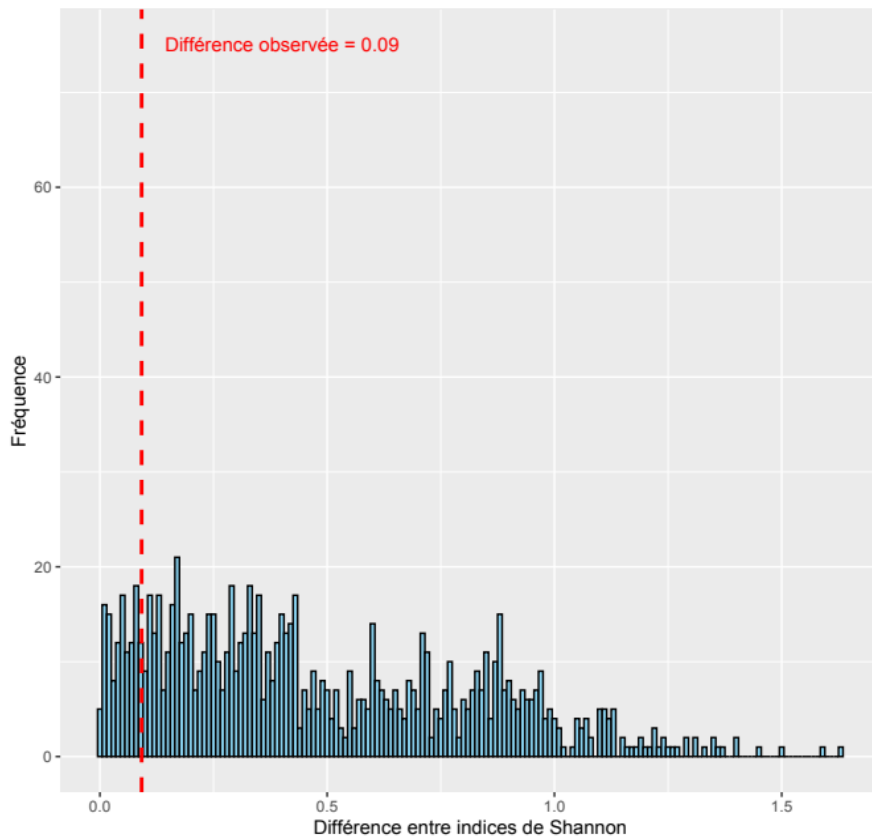


Figure 34: Distribution des différences permutées des indices de Shannon.

La figure 35 présente la répartition des espèces entre les deux sites étudiés, Andranohinaly (AND) et Soalara-Sud (SS). On y observe un total de 101 espèces sur le site AND, 88 espèces sur le site SS, et seulement 19 espèces communes aux deux sites. Cette distribution illustre la diversité spécifique des deux sites, avec une certaine part « d'overlap », indiquée par les 19 espèces partagées. Ces chiffres présentent la totalité des espèces retrouvées dans les quadrats et dans les bouchées pour les deux saisons.

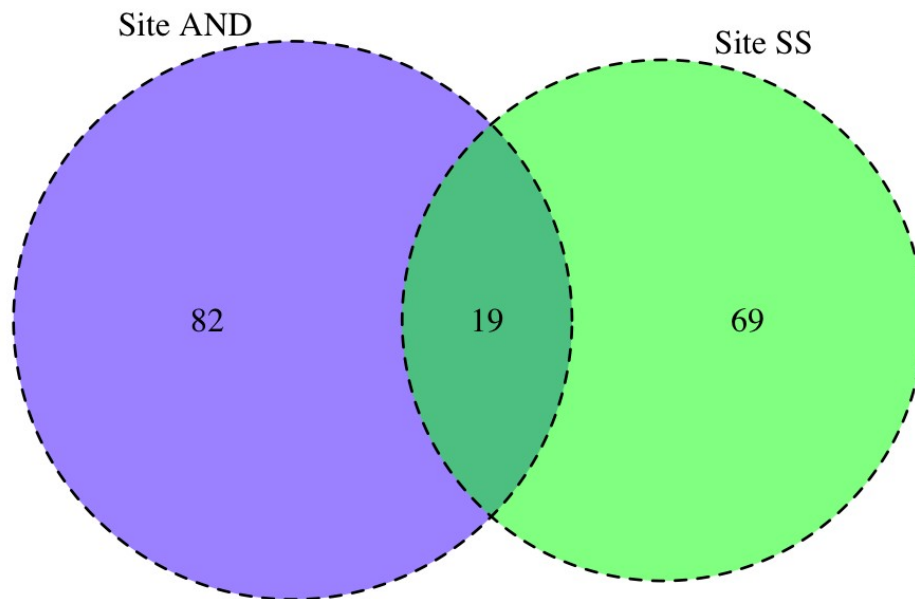


Figure 35: Overlap du nombre d'espèces uniques présentes durant les deux saisons dans les sites d'AND et de SS.

5.1.2 Stratification de la végétation

Les résultats des quadrats centraux montrent des différences marquées entre les sites SS et AND. Le site SS présente une hauteur moyenne (155,24) et médiane (150) nettement supérieures à celles du site AND (77,30 et 50 respectivement), ainsi qu'une densité presque deux fois plus élevée (0,93 contre 0,47 n/m²), il y a donc une plus grande couverture ligneuse dans le site SS. L'écart type est également beaucoup plus élevé sur le site SS (120,88) comparé à AND (58,90), ce qui indique une variabilité plus importante dans les mesures effectuées sur le site SS. Cela peut être attribué à une plus grande diversité structurale.

Table 14 Hauteur moyenne et médiane des espèces ligneuses pour les sites de Soalara-Sud (SS) et Andranohinaly (AND)

Site	H moyenne (cm)	H médian (cm)	Ecart type	Densité moyenne (n/m ²)
SS	155,24	150	120,88	0,92
AND	77,30	50	58,9	0,47

La figure présente la répartition des hauteurs des plantes sur les sites SS et AND, en fonction des strates végétales. Les boxplots illustrent la hauteur des plantes (cm) mesurées sur 4 parcelles (20*5m) par site pendant la saison sèche. La ligne centrale de chaque boîte représente la médiane, tandis que les limites supérieure et inférieure de la boîte indiquent le premier et le troisième quartiles. Les moustaches s'étendent à 1,5 fois l'écart interquartile, et les points en dehors de cette plage représentent les valeurs aberrantes. Les boîtes bleues correspondent au site SS, et les boîtes rouge au site AND. Les différences significatives entre les groupes ont été testées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test post-hoc de Tukey ($p < 0,05$).

Alors que deux strates ont été identifiées dans les quadras centraux du site SS, le site AND, est caractérisé uniquement par une strate arbustive, montre une distribution des hauteurs des plantes plus resserrée, avec des valeurs maximales nettement inférieures à celles observées sur le site SS (Figure 36).

Ces résultats mettent en évidence des différences écologiques marquées entre les deux sites, influençant non seulement la structure des communautés végétales mais également la dynamique des hauteurs de plantes.

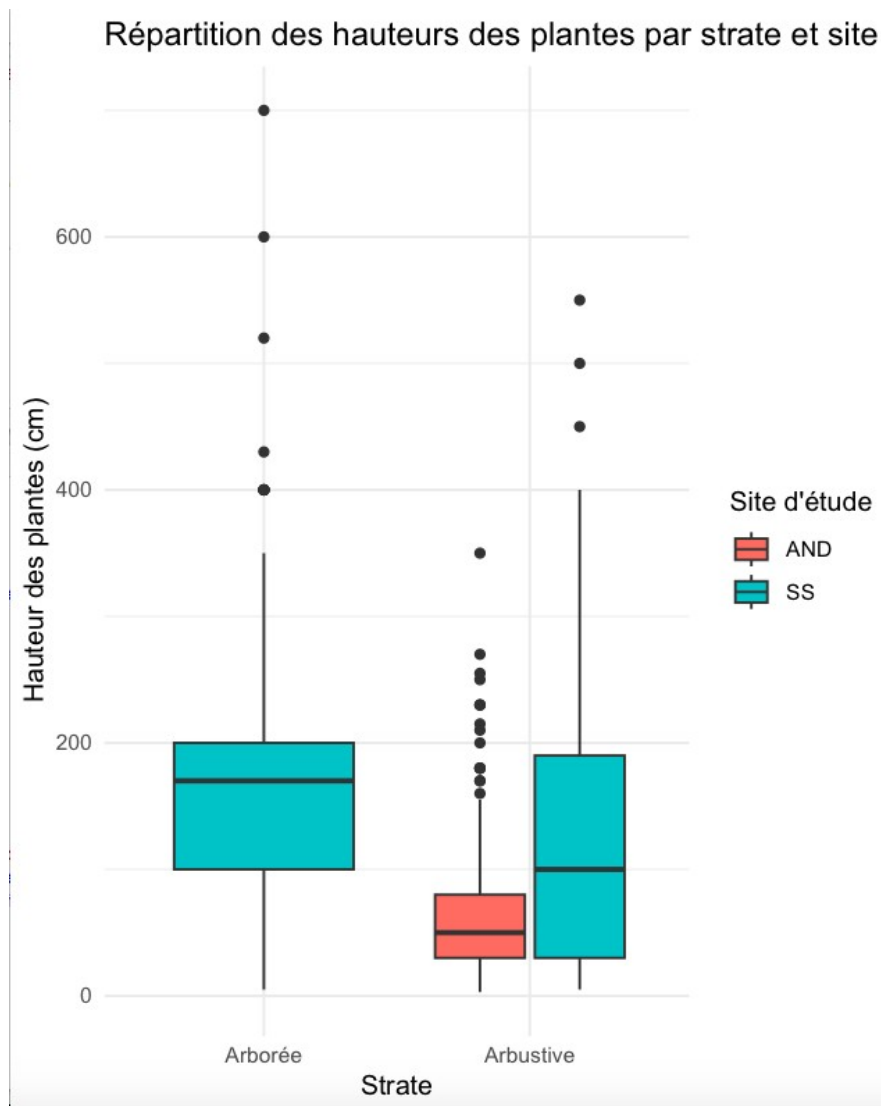


Figure 36: Distribution des biomasses selon les saisons dans les zones pastorales.

5.2 Qualités bromatologiques

5.2.1 Sites

Les différences significatives des qualités bromatologiques entre les deux sites ont été évaluées à l'aide des tests de Wilcoxon. Aucun test n'a révélé de différences significatives pour les variables ADF, ADL, ASH, CELL, DMSauf, et NDF, avec des p-values toutes supérieures au seuil de significativité de 0.05. Ces résultats indiquent qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les sites pour ces caractéristiques bromatologiques.

Cependant, pour la variable Fat_as, une différence significative a été observée avec une p-value de 0.020, inférieure à 0.05. Cela suggère que les plantes du site AND sont significativement plus riches en matière grasse que celles du site SS.

Table 15 Résultats des tests de Wilcoxon sur les qualités bromatologiques testées lors de l'analyse SPIR

Variable	p-value
ADF	0,082
ADL	0,202
ASH	0,747
CELL	0,569
DMSauf	0,470
NDF	0,723
PROTEIN	0,723
Fat_as	0,020

La heatmap (Figure 37) illustre les différences bromatologiques des plantes entre les sites. Chaque cellule correspond à un paramètre mesuré (colonnes) pour un site (lignes). La couleur de chaque cellule représente l'intensité de la différence entre les deux sites, selon l'échelle de la légende. Les points noirs indiquent les comparaisons statistiquement significatives ($p < 0,05$), calculées via un test t bilatéral pour chaque paramètre.

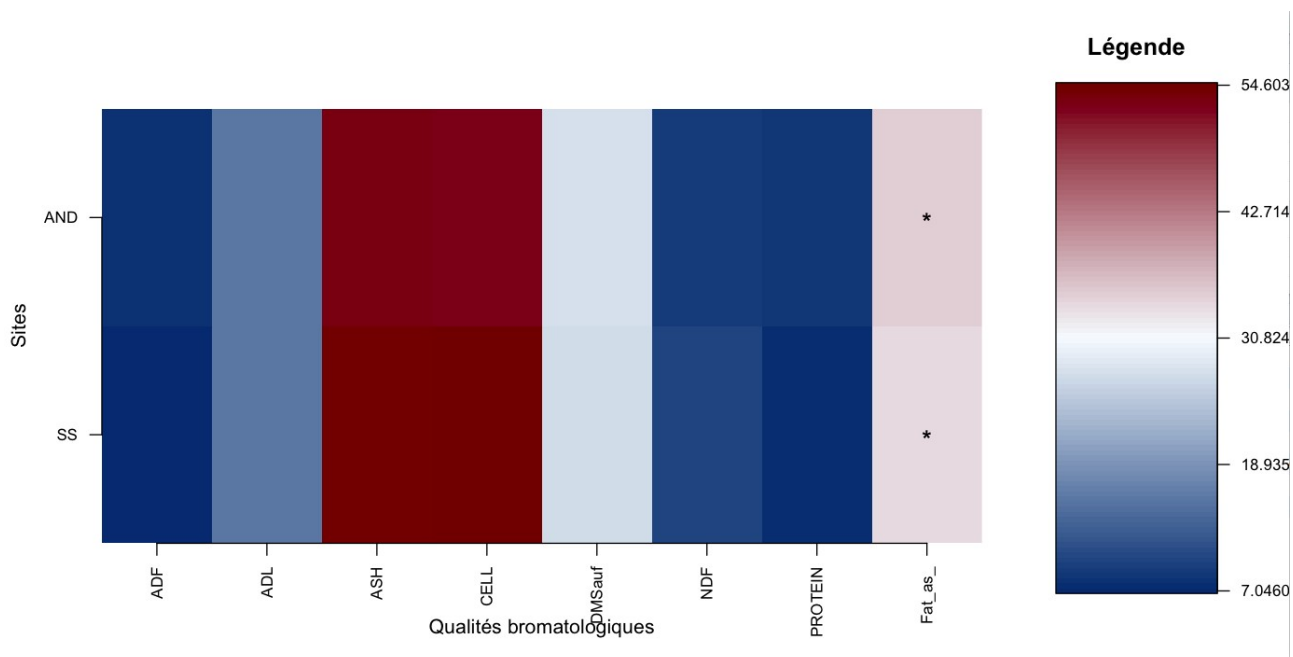


Figure 37: Heatmap des différences bromatologiques des plantes entre les sites SS et AND.

Ensuite, le violon plot (Figure 38) illustre la distribution des valeurs d'énergie métabolisable (en MJ/kg) des plantes mesurées sur les deux sites. La largeur de chaque violon reflète la densité de probabilité des valeurs mesurées. L'analyse des moyennes en énergie métabolisable des espèces présentes entre les deux sites a révélé une différence significative, avec une p-value de 0,002937. Le site AND présente une moyenne de ME légèrement plus élevée (22,38052) par rapport au site SS (21,77775). L'intervalle de confiance à 95% pour la différence des moyennes est compris entre -0,9966002 et -0,2089425, et n'inclut pas la valeur 0, ce qui soutient l'existence d'une différence statistiquement significative entre les deux sites pour la variable. Cela signifie que les plantes présentes dans le site d'AND contiennent en moyenne plus d'énergie métabolisable que celles présentes dans le site de SS.

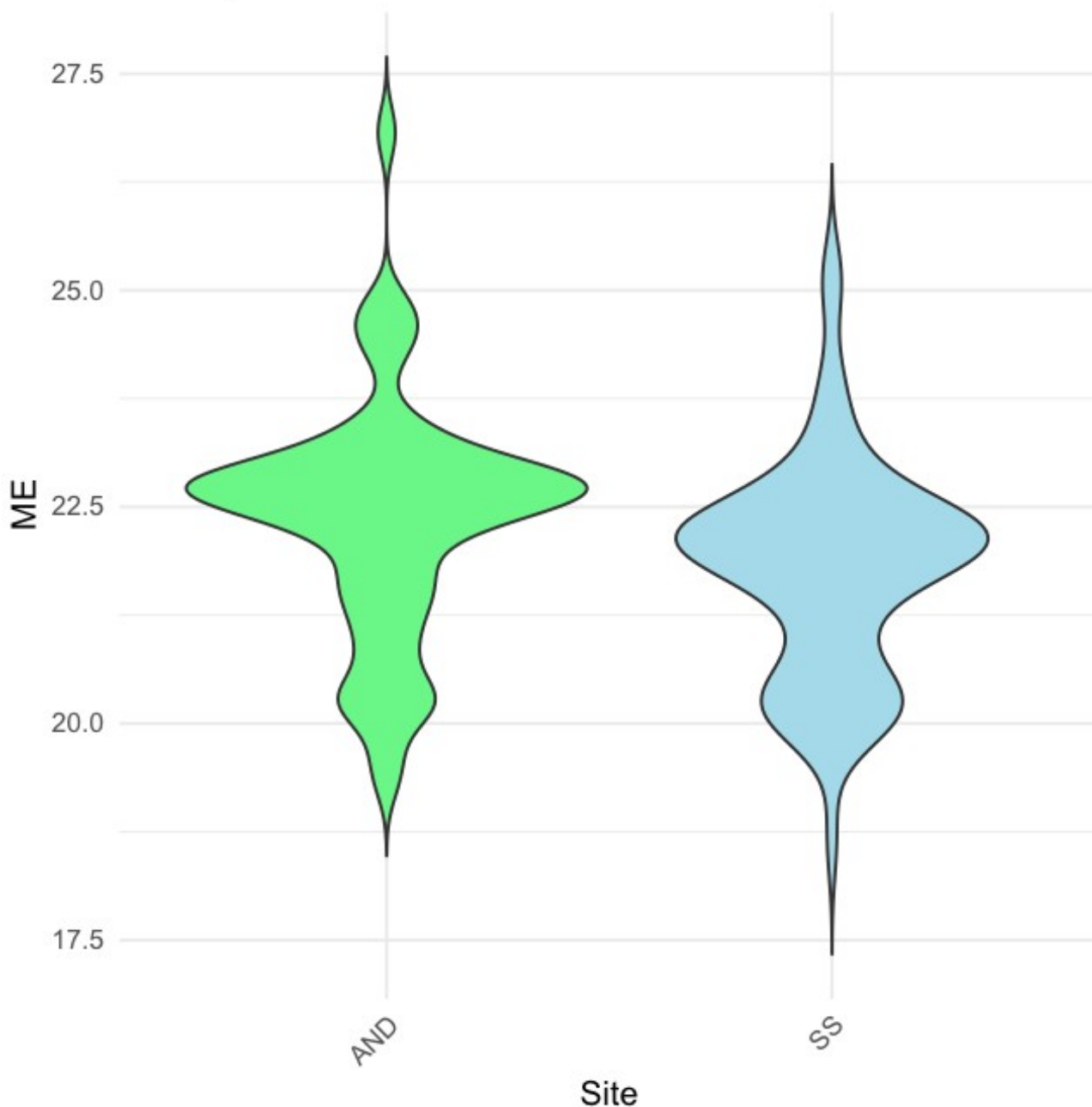


Figure 38: Distribution de l'énergie métabolisable (ME) en MJ/kg des plantes entre les sites SS et AND.

5.2.2 Saisons

Une analyse de variance a été réalisée pour évaluer les différences saisonnières dans les qualités bromatologiques des plantes consommées par les chèvres. Les résultats indiquent des différences significatives pour les variables : ASH, NDF, Protein et Fat_as (figure...). En revanche, aucune différence significative n'a été observée pour les variables ADF, ADL, CELL et ME.

Table 16 Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) pour les différences saisonnières dans les qualités bromatologiques des plantes consommées par les chèvres.

Variable	F-value	p-value	Significatif
ADF	1,51	0,219	Non
ADL	3,33	0,069	Non
ASH	15,18	<0,001	Très hautement significatif
CELL	0,026	0,871	Non
NDF	9,41	0,002	Hautement significatif
Protein	4,18	0,041	Significatif
Fat_as	555,9	<0,001	Très hautement significatif
ME	1,51	0,219	Non

Les boxplots (Figure 39) illustrent la distribution des variables bromatologiques pour lesquelles l'ANOVA était significative. La ligne centrale de chaque boîte représente la médiane, tandis que les limites supérieures et inférieures indiquent le premier et le troisième quartiles. Les moustaches s'étendent à 1,5 fois l'écart interquartile, et les points en dehors de cette plage représentent les valeurs aberrantes.

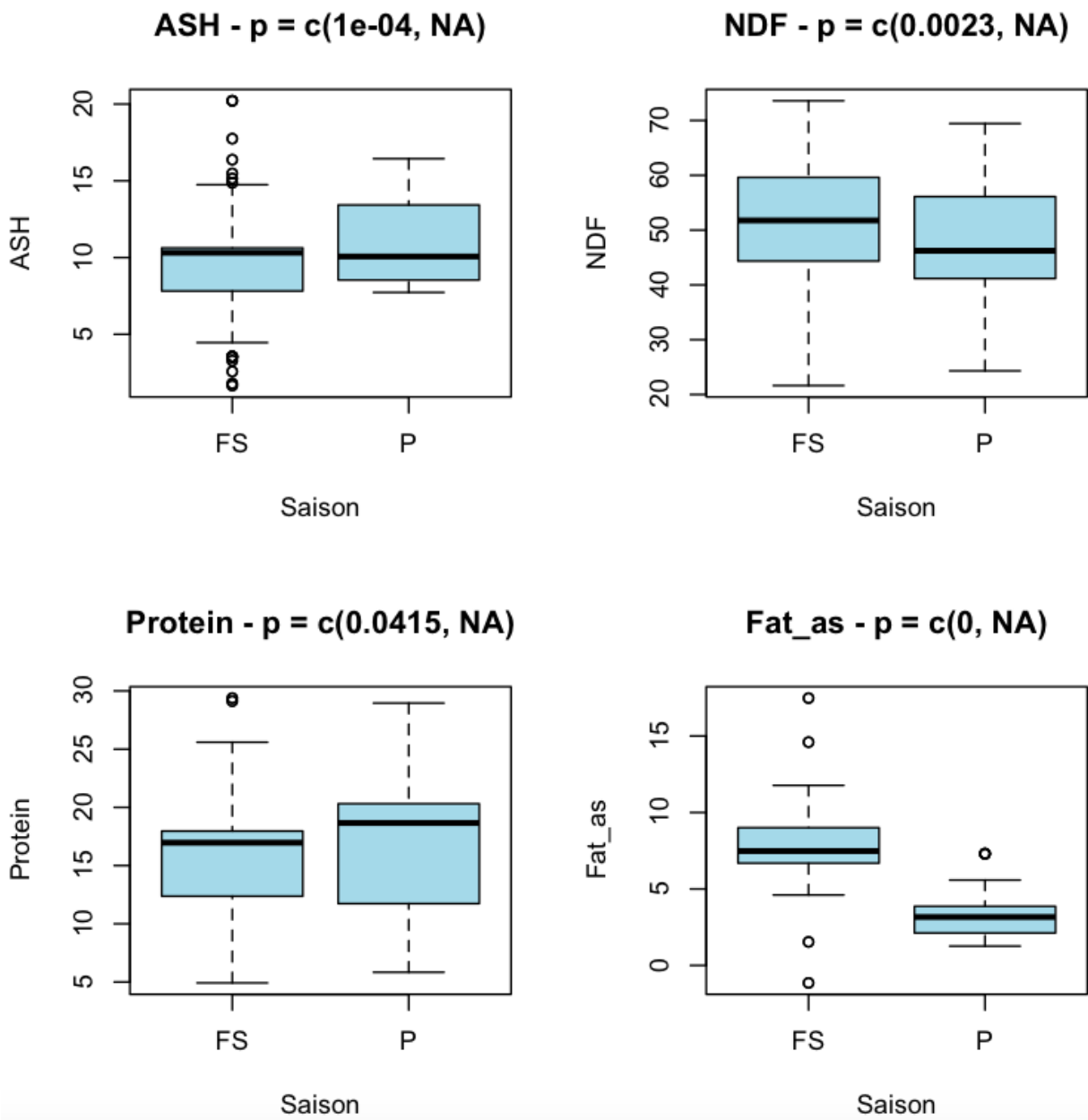


Figure 39: Comparaison des variables bromatologiques entre les saisons.

5.3 Ingestion au pâturage

5.3.1 Variabilité entre chèvres

Pour mesurer la variance entre les individus en excluant l'effet de la saison et du site, un modèle mixte a été utilisé. Les effets fixes de la saison et du site ont été retirés.

L'analyse des effets aléatoires montre une variance interindividuelle de 21359 avec un écart-type de 146,1, illustrant une variabilité notable entre les chèvres.

La variance résiduelle de 26867 (écart-type de 163,9) est légèrement plus importante que la variance liée aux individus.

Quoi qu'il arrive, l'effet aléatoire est significatif. Cela indique une variabilité notable entre les individus étudiés.

L'inspection graphique des résidus (Figure 40) a confirmé qu'ils sont distribués aléatoirement sans motif évident. Cela valide les hypothèses du modèle, notamment la normalité des résidus et l'homogénéité des variances.

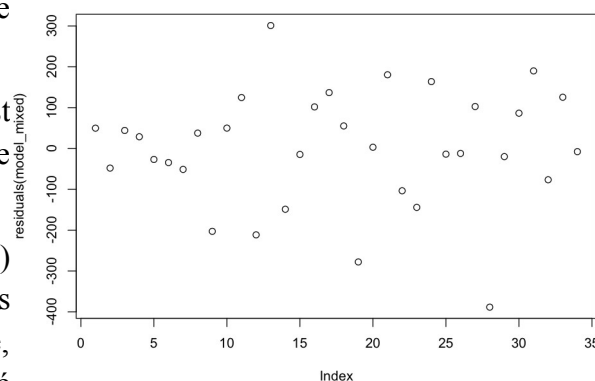


Figure 40: Répartition des résidus du test de variance interindividuelle.

5.3.2 Diversité du régime

Afin d'examiner si la consommation des espèces varie en fonction des saisons, des sites et de l'individu, des tests χ^2 de Pearson sur les tables de contingence associées avec l'hypothèse nulle H_0 suivante : La consommation des espèces est indépendante des saisons, sites et individus (Table 17).

Table 17 Résultats de l'analyse statistique (test du χ^2) sur les effets des facteurs étudiés.

Facteur	χ^2	dl	p-valeur
Saison	270,53	112	3,891e-15
Site	147,22	112	0,01435
Individu	591,11	1008	1

Le test du χ^2 pour la variable saison a donné une p-valeur extrêmement faible (3,891e-15). Cela indique une association statistiquement significative entre la consommation des espèces et la saison. En d'autres termes, les espèces consommées par les chèvres varient significativement entre les saisons.

Le test pour le site a résulté en une p-valeur inférieure à 0,05 (0,01435). Cela montre une différence significative entre les espèces consommées dans les deux sites. Cela suggère que la composition alimentaire des chèvres varie également selon les sites d'étude.

Le test pour l'individu a donné une p-valeur de 1, ce qui est bien supérieur au seuil de significativité de 0,05. Une p-valeur de 1 indique qu'il n'y a aucune preuve contre l'hypothèse nulle. Cela signifie que l'écart observé entre les fréquences observées et attendues est conforme à ce que l'on attendrait si les variables étaient indépendantes. Autrement dit, les chèvres ne semblent pas avoir des comportements alimentaires significativement différents en termes de sélection des espèces consommées.

5.3.3 Organes consommés

Il a largement été observé une consommation de fruits privilégiée par les chèvres lors de la fin de la saison sèche alors que celle-ci était inexistante lors de la saison des pluies. En fait, lors de la saison des pluies presque 100 % de l'alimentation était constitué de feuilles. En revanche, les organes consommés par les chèvres durant le mois de septembre sont repris dans les figures 41 et 42. On remarque que l'alimentation des chèvres est principalement constituée de feuilles (75,45%) et de fruits (21,90%), avec une petite proportion de racines (2,06%) et de fleurs (0,59%). Pour le site AND, les feuilles dominent également (90,64%), les fruits sont moins présents (9,29%), et il n'y a pas de consommation de fleurs. Les racines représentent une proportion très faible (0,0727%).

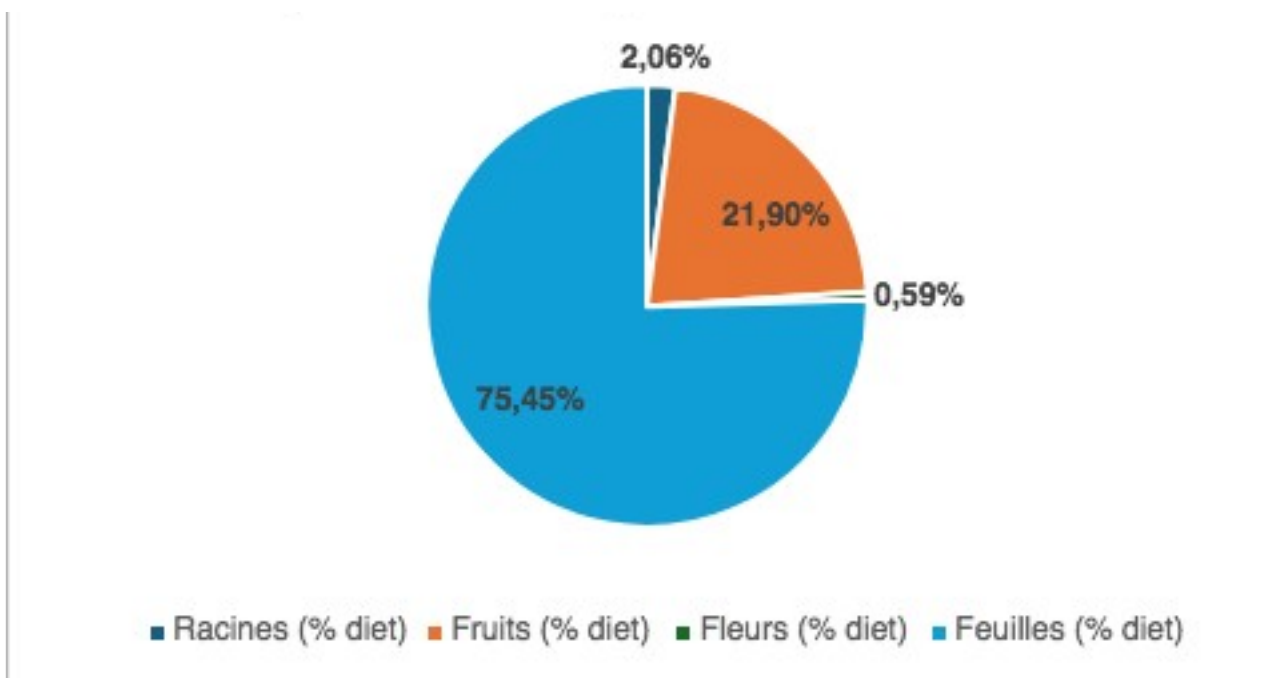


Figure 41: Proportion des organes consommés, site SS.

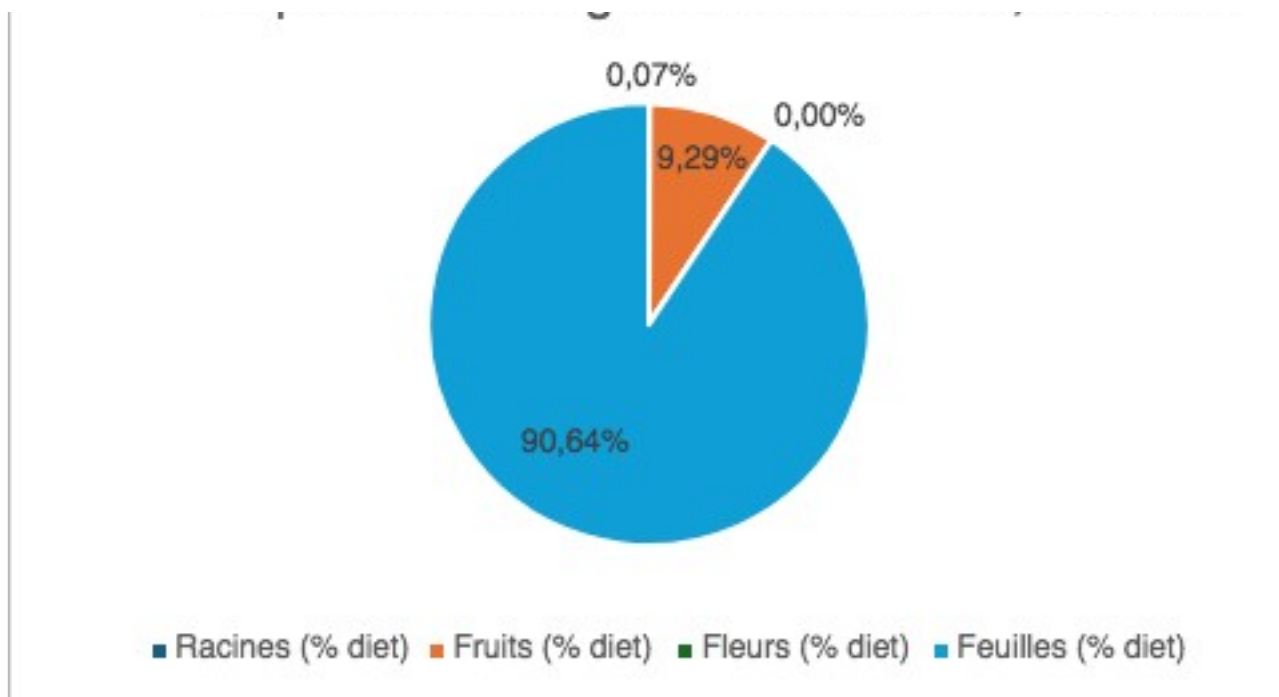


Figure 42: Proportion des organes consommés, site AND.

5.3.4 Quantité de matière sèche consommée

Une analyse de la variance a été réalisée pour évaluer les différences en quantité de matière sèche consommée entre les sites et les saisons d'étude (Table 18).

Table 18 Résultats de l'ANOVA pour l'effet de la saison et du site sur la quantité de matière sèche consommée.

Effet	Ddl (DF)	F-value	P-value	Interprétation
Saison	1	5,532	0,025 *	Effet saisonnier significatif
Site	1	69,37	1,62e-09 ***	Différences majeures entre SS et AND

Avec une p-valeur de 0,025, il y a une différence statistiquement significative dans la consommation de matière sèche entre la saison des pluies et la fin de la saison sèche. Cela signifie que d'après nos suivis, les chèvres consomment moins de matière sèche lors de la fin de la saison sèche que lors de la saison des pluies (Table 18).

Bien que la variation soit significative, l'importance relative de cet effet est modérée par rapport à la variation résiduelle, qui reste beaucoup plus importante (somme des carrés de 1 664 310 contre 9 627 488 pour les résidus).

Pour ce qui est de l'effet du site sur la consommation de matière sèche, la p-valeur est de 1,62e-09 (Table 18). En d'autres termes, les chèvres consomment significativement moins de matière sèche dans le site de Soalara-sud par rapport au site d'Andranohinaly. La somme des carrés

pour le site (7 727 111) est beaucoup plus importante que celle des résidus (3 564 686), ce qui montre que le site explique une grande part de la variabilité totale.

Les boxplots (Figures 43 et 44) montrent les distributions des données pour chaque facteur. Les boîtes indiquent les quartiles (premier, médian et troisième), et les moustaches s'étendent jusqu'à 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des moustaches représentent les valeurs aberrantes.

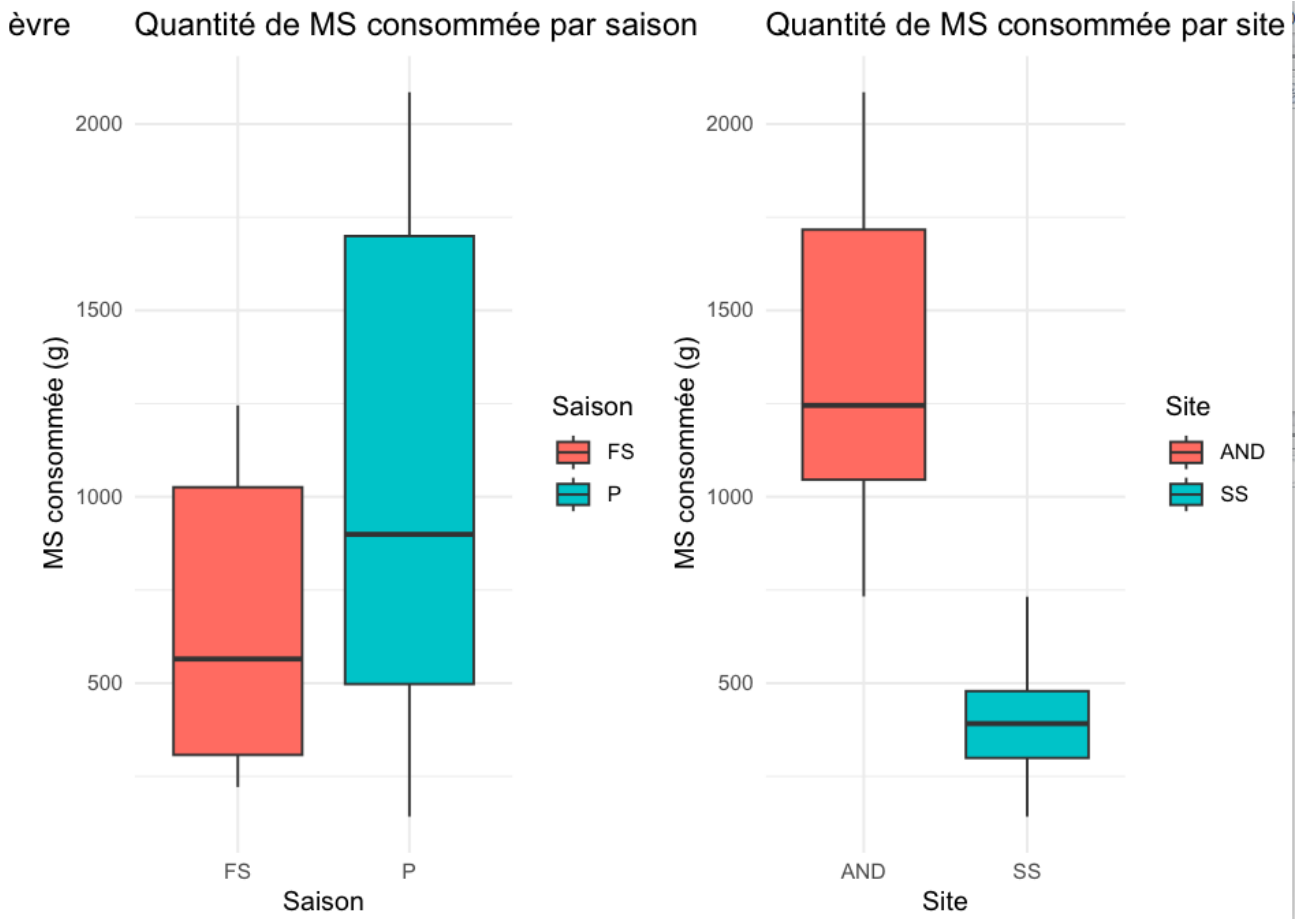


Figure 43: Distribution des valeurs de la quantité de matière sèche ingérée selon la saison et le site.

Enfin, la figure 45 montre que les chèvres consomment significativement plus de matière sèche sur le plateau d'AND indépendamment de la saison. Par ailleurs, elles consomment également davantage de matière sèche pendant la saison des pluies que durant la saison sèche (Figure 45).

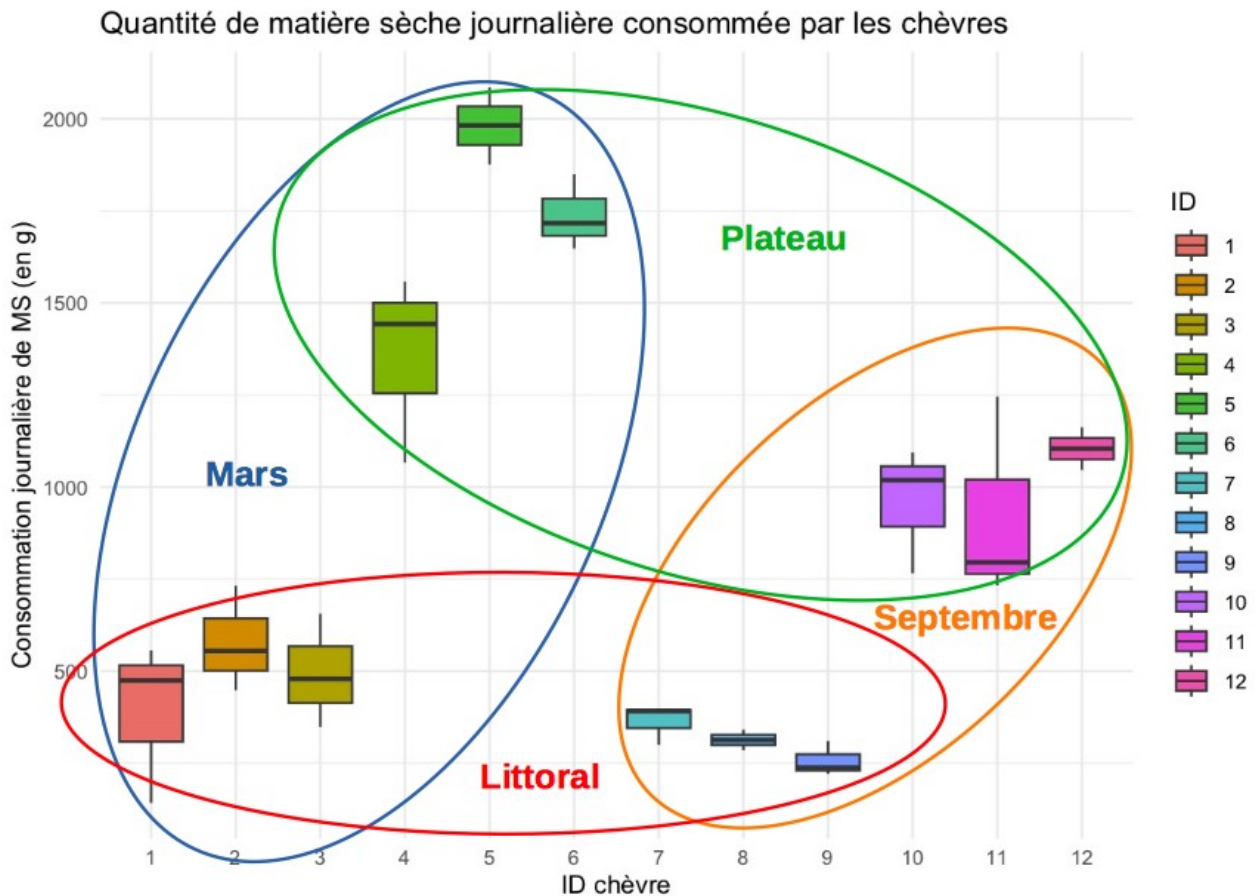


Figure 44: Distribution des valeurs de la matière sèche consommée selon la saison et le site et l'individu.

5.3.5 Energie métabolisable ingérée

Table 19 Résultats de l'ANOVA pour l'effet de la saison et du site sur la quantité d'énergie métabolisable consommée.

Effet	Ddl (DF)	F-value	P-value	Interprétation
Saison	1	4,24	0,0477 *	Effet saisonnier significatif
Site	1	89,28	8,91e-11 ***	Différences majeures entre SS et AND

Sans surprise, les résultats concernant l'énergie métabolisable ingérée sont similaires à ceux concernant la matière sèche avec des effets significatifs pour les deux variables site et saison. Cependant l'effet de la saison est moins marqué que pour l'explication de la matière sèche ingérée

car la somme des carrés pour la saison (625 835 556) est relativement petite par rapport à celle des résidus (4 724 000 000). En revanche l'effet du site est lui plus important (somme des carrés de 3,938e+09 pour 1,411e+09 chez les résidus).

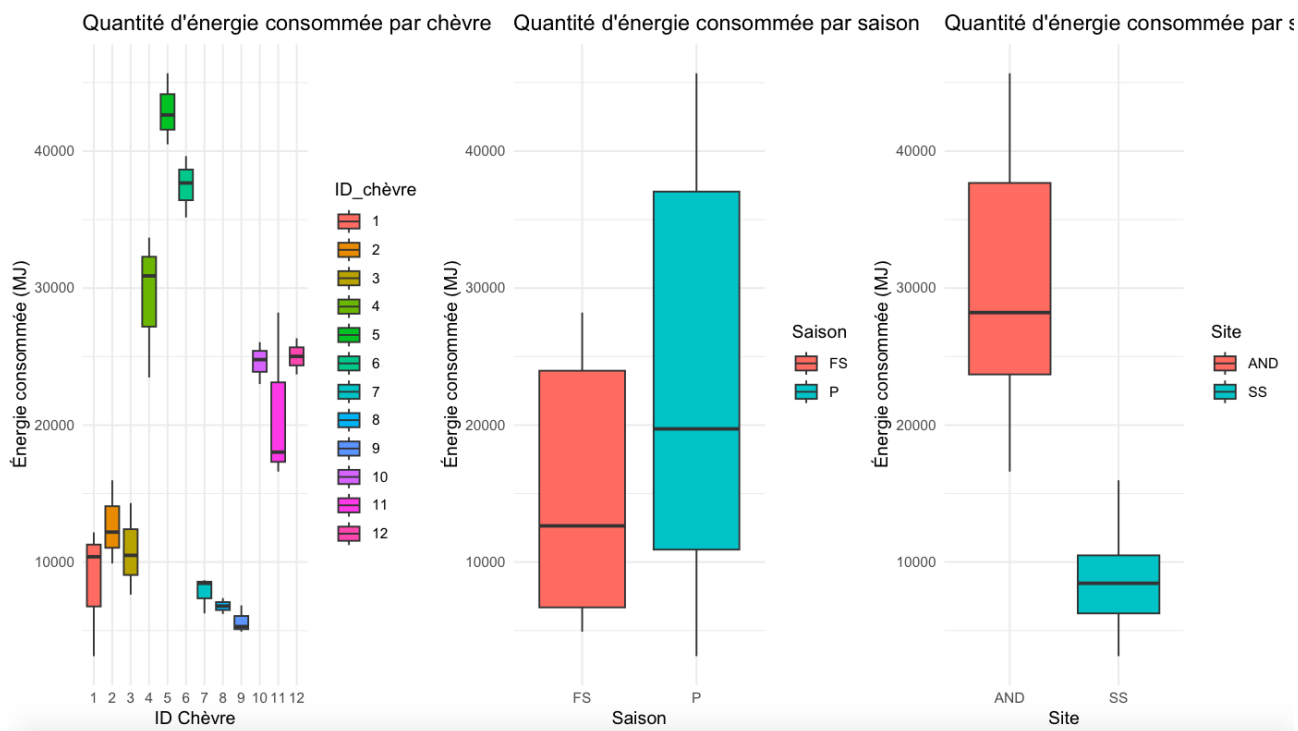


Figure 45: Distribution des valeurs de l'énergie métabolisable consommée selon la saison et le site et l'individu.

La normalité des résidus est vérifiée grâce à un test de Shapiro-Wilk. La p-valeur obtenue est élevée (p-value = 0,6674), de ce fait les résidus du modèle suivent une distribution normale (figure...). Cette hypothèse étant respectée, les conclusions des ANOVA sont exploitables.

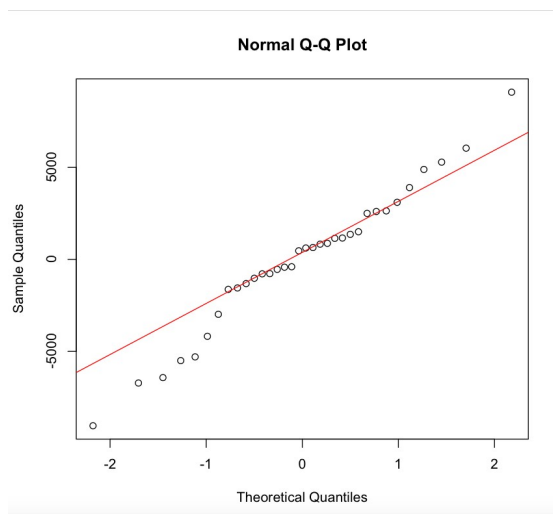


Figure 46: Normal Q-Q plot des résidus du modèle.

Un test de Lenvene a été effectué afin de tester l'hypothèse de l'homogénéité des variances. La p-valeur est légèrement supérieure à 0.05 ($p = 0.05359$), suggérant que l'hypothèse d'homogénéité des variances est marginalement respectée. Bien que proche du seuil, cela ne compromet pas les conclusions de l'ANOVA.

5.4 Sélectivité

Les relations entre la sélectivité des chèvres a été étudié selon différentes variables explicatives, notamment les qualités bromatologiques, les caractéristiques environnementales, les espèces de plantes et les familles végétales. Pour cela, une régression multiple a été utilisée afin d'évaluer l'impact de ces variables explicatives sur la sélectivité.

Concernant la qualité de l'ajustement du modèle, les résidus varient de -1.38492 à 1.24823, avec une médiane de 0, indiquant une distribution relativement équilibrée des erreurs et suggérant que le modèle ajuste bien les données. De plus, la figure 47 montre une distribution aléatoire des résidus, une normalité des erreurs, une homogénéité de la variance et l'absence de points influents, ce qui indique que le modèle est bien ajusté.

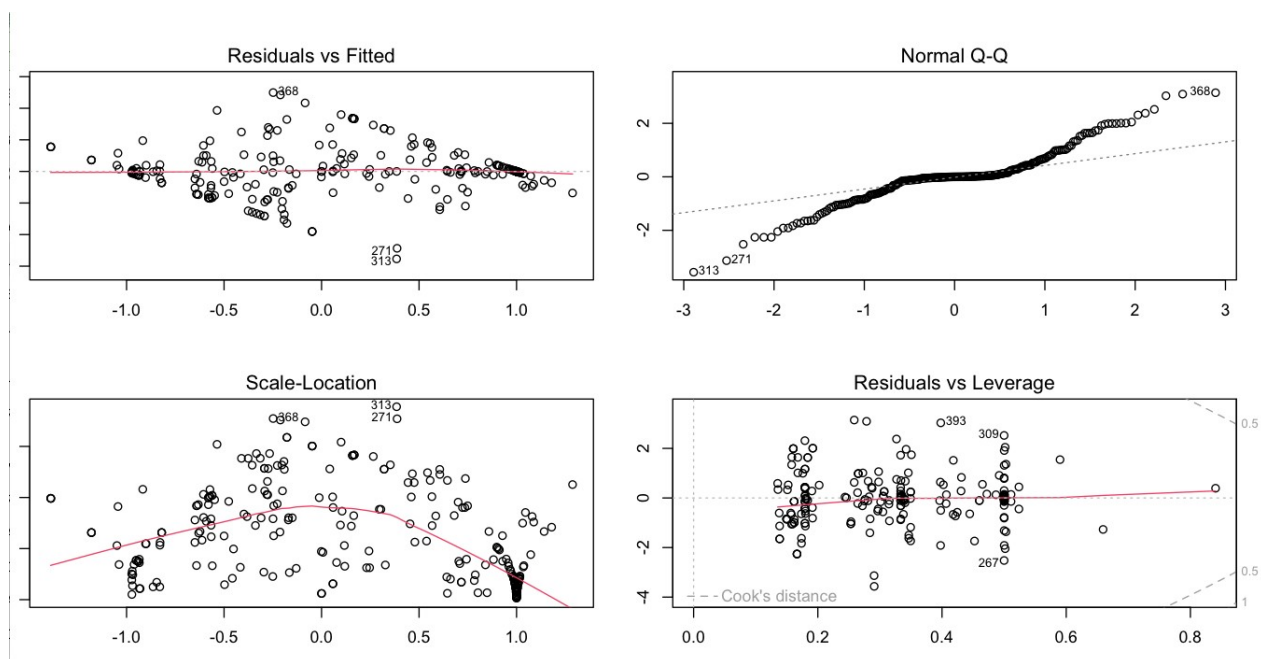


Figure 47 Distribution des résidus du modèle.

En ce qui concerne les variables explicatives, plusieurs présentent des relations significatives avec la sélectivité des chèvres. Ces résultats indiquent que certaines qualités bromatologiques et caractéristiques environnementales influencent la sélectivité, bien que ces effets varient selon les espèces de plantes considérées, ce qui nécessite une analyse plus approfondie pour identifier les interactions spécifiques entre ces facteurs.

5.4.1 Variables bromatologiques

Les graphiques montrent les relations entre chaque variable bromatologique et la sélectivité, avec les lignes de régression ajustées. L'ADF (Acid Detergent Fiber) et la cellulose (CELL) sont négativement associés à la sélectivité, tandis que les graisses alimentaires (Fat_as) montrent une relation positive avec la sélectivité. La matière sèche (DMSauf) et la valeur nutritive relative (RFV) et l'ingestion de matière sèche (DMI) sont quand à elles négativement corrélées à la sélectivité.

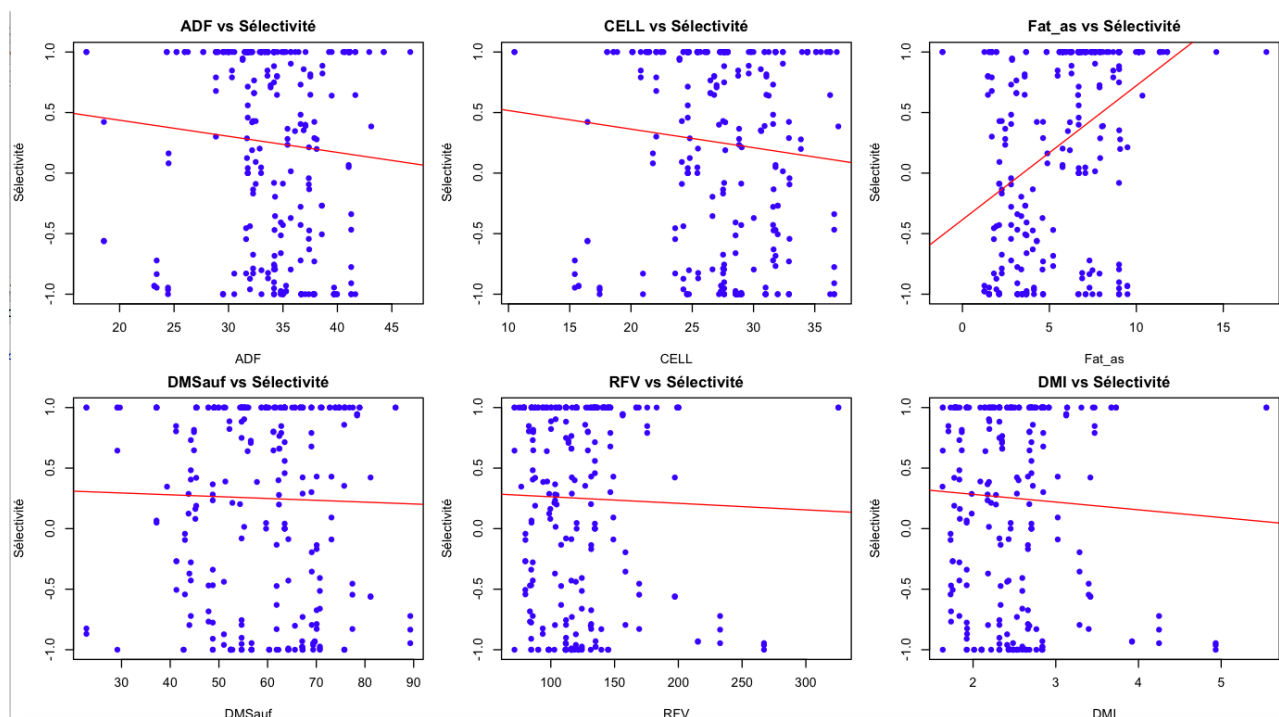


Figure 48: Régressions des variables bromatologiques sur la sélectivité.

5.4.2 Variables environnementales

Les caractéristiques environnementales de la régression multiple montrent que le site SS favorise une sélectivité plus élevée (Estimation = 0,360, $p < 0,001$), tandis que la saison P réduit la sélectivité par rapport à la saison de référence (Estimation = -1,266, $p < 0,001$) (Figure 49).

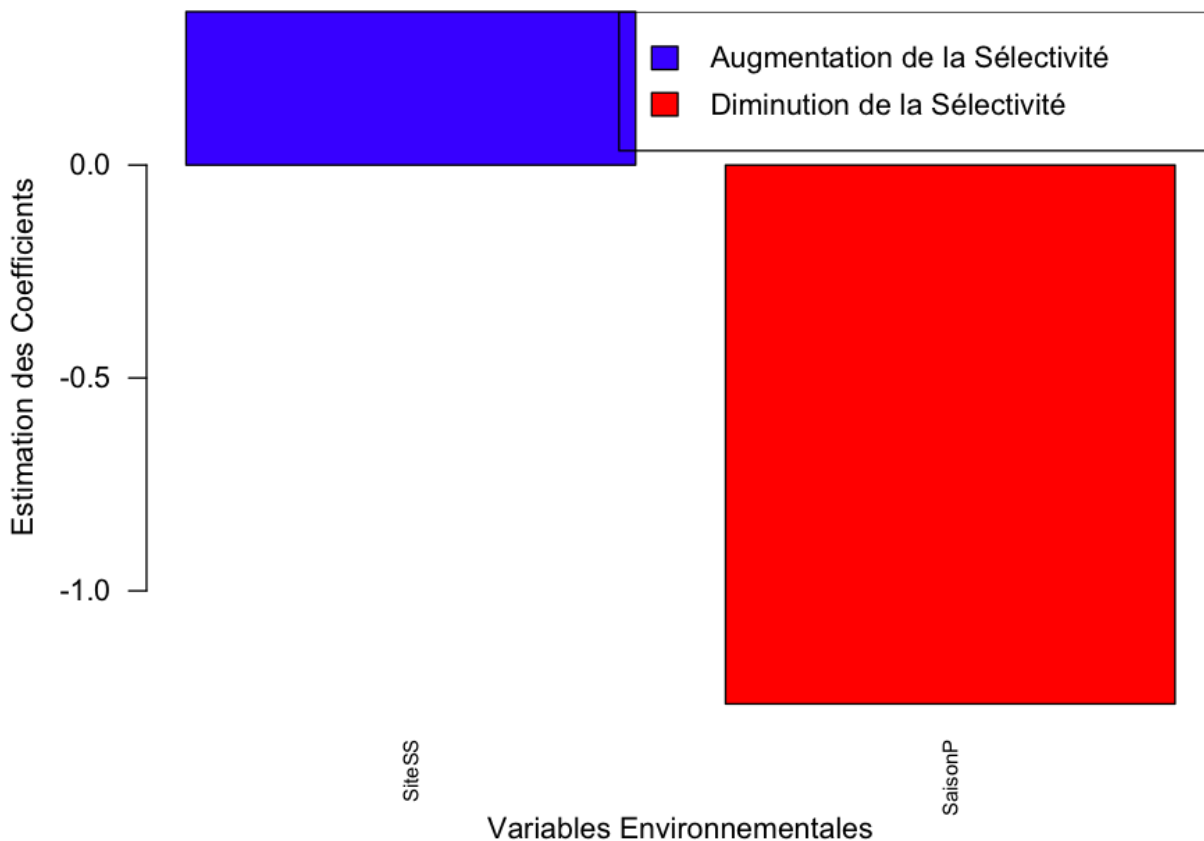


Figure 49: Effet des caractéristiques environnementales sur la sélectivité.

5.4.3 Famille végétale

Les nuages de points (Figure 50) présentent la répartition des familles végétales en fonction de leur pourcentage dans la végétation disponible issue de nos quadrats et de leur proportion dans le régime alimentaire des chèvres issue de nos suivis. Les familles végétales dont la contribution était simultanément inférieure à 5 % dans le régime alimentaire et dans la végétation disponible ont été exclues de l'analyse, cela permet de concentrer l'analyse sur les espèces jouant un rôle significatif dans la dynamique plante-herbivore .

La majorité des observations se situe dans deux catégories principales. Tout d'abord, les familles végétales qui sont fortement présentes dans le régime alimentaire malgré une disponibilité relativement faible dans l'environnement (Figure 50). Ensuite, celles qui sont abondamment disponibles mais faiblement consommées. On remarque en effet peu de points autour de l'axe.

Parmi ces observations, les Convolvulaceae (CON) sont particulièrement remarquables car toujours sélectionnées dans tous nos cas excepté en septembre sur le site de Soalara-Sud. On peut aussi noter que les Poaceae (PO) sont sélectionnées lors de la saison des pluies mais rejetées lors de la fin de la saison sèche. Enfin les graphiques montrent des régimes différents en terme de famille consommées entre les deux saisons.

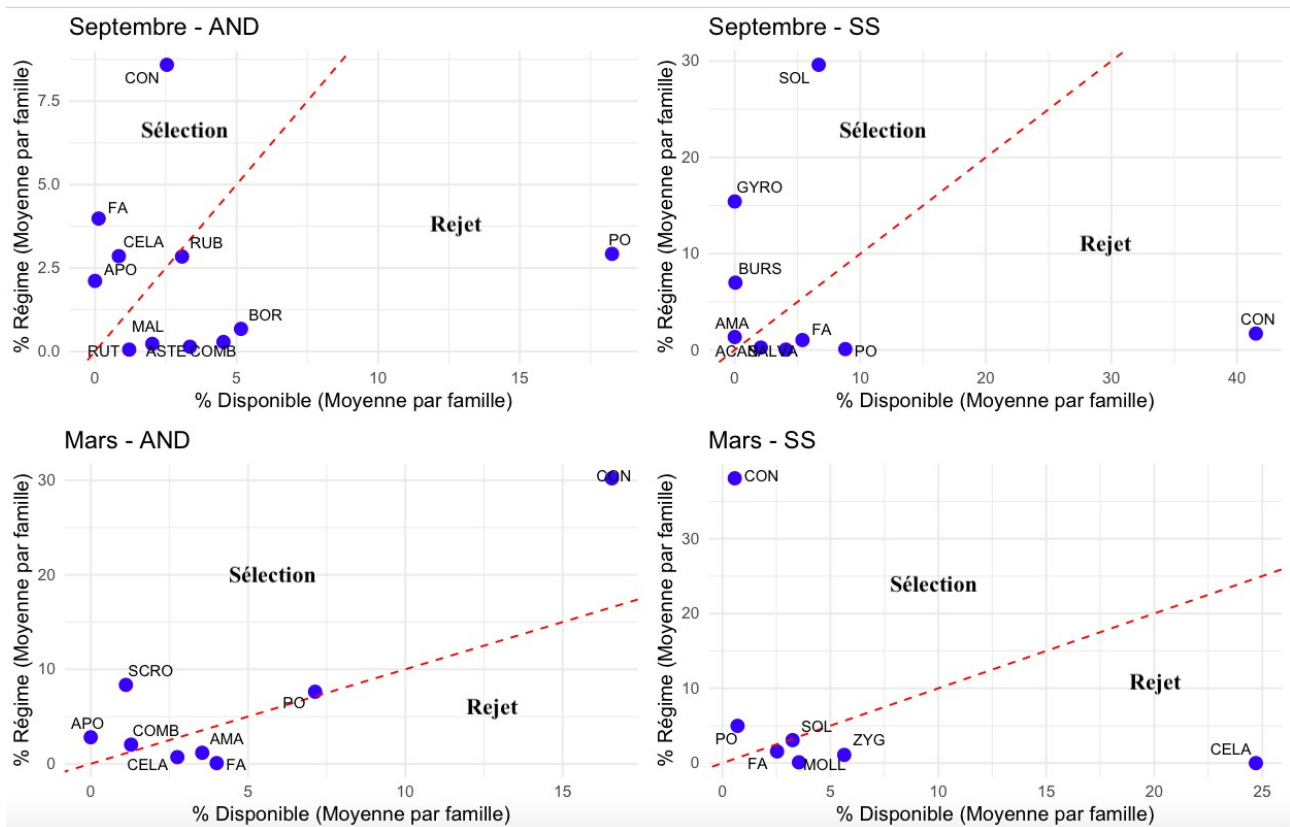


Figure 50: Sélection vs régression des familles botaniques selon les sites (SS et AND) et les saisons (Septembre et Mars)

5.5 Fréquence de bouchées et ingestion par minute

Les résultats obtenus pour les différents sites et saisons montrent des variations significatives dans les paramètres de biomasse disponible, de la fréquence de bouchée (BR) et de la quantité de matière sèche ingérée par minute (IR). Pour le site de SS, la biomasse est considérablement plus élevée en saison P (692,53 kg/ha) par rapport à la saison FS (62,51 kg/ha), indiquant une forte augmentation de la biomasse disponible pendant la saison des pluies. La fréquence de bouchée (BR) passe de 6,87 en septembre à 12,38 en mars. De même, la quantité de matière sèche ingérée par minute (IR) passe de 0,66 gDM/minute en septembre à 2,25gDM/min en mars, ce qui reflète une ingestion plus importante de nourriture par minute en saison pluvieuse (Figure 51).

Concernant le site AND, une tendance similaire est observée, bien que les valeurs soient globalement plus faibles par rapport à celles du site SS. En saison sèche, la biomasse disponible est estimée à 49,18 kg/ha, et elle augmente à 435,55 kg/ha en saison des pluies, marquant également une différence saisonnière notable. La BR varie de 9,27 en septembre à 15,54 en mars, et l'IR passe de 2,12gMS/min à 4,17gDM/min (Figure 51).

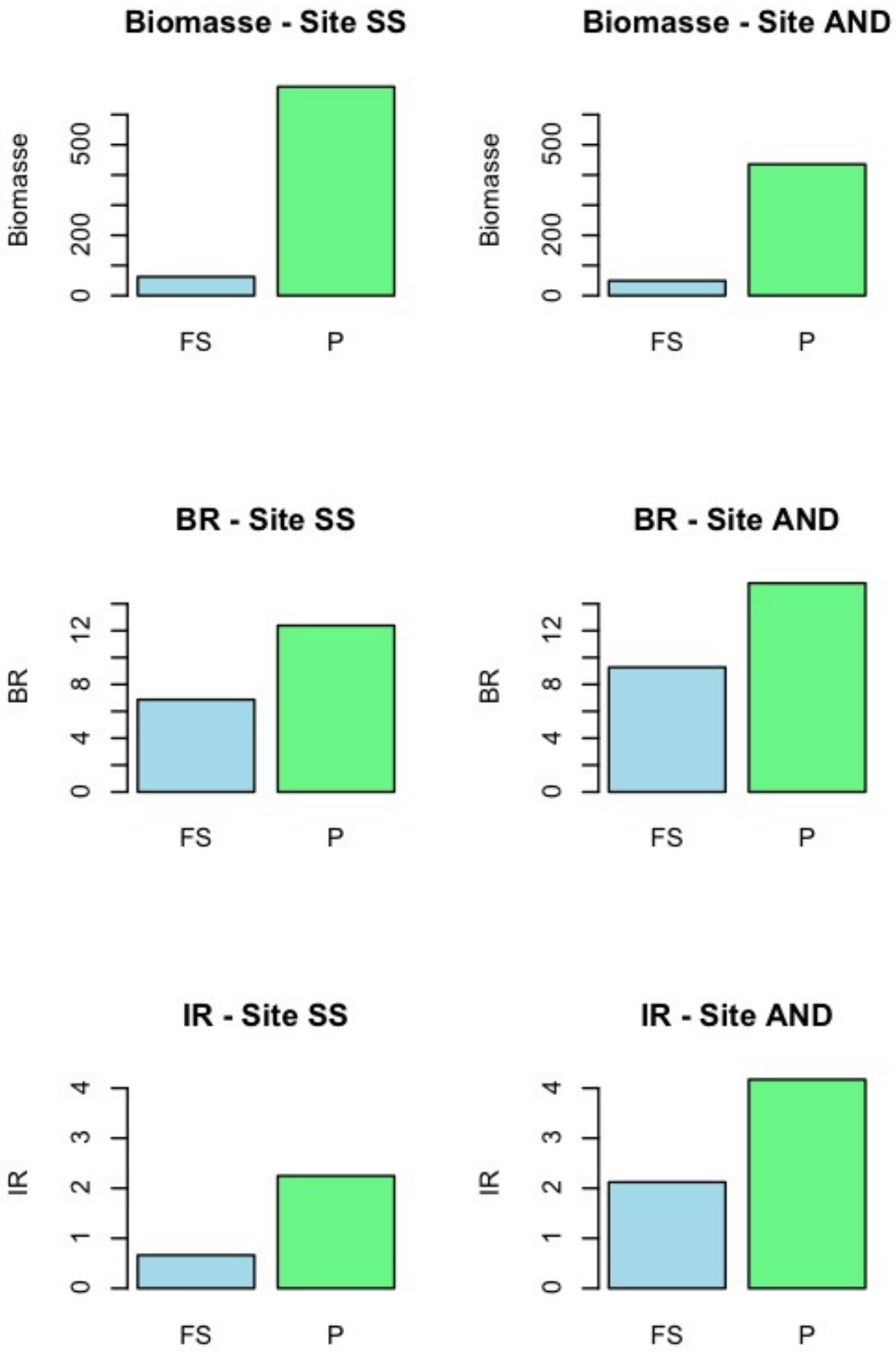


Figure 51: Variations saisonnières du BR, de l'IR et de la biomasse consommée selon les sites.

5.6 Equilibre énergétique

5.6.1 Effet de l'abreuvement sur l'énergie dépensée

Une autre ANOVA a été réalisée étai d'examiner l'effet de deux facteurs, l'abreuvement (OUI vs NON) et le site (SS vs AND), sur l'énergie dépensée par les chèvres. Cette analyse visait à déterminer si l'abreuvement et/ou le site influençaient de manière significative la dépense d'énergie lié au déplacement, ainsi qu'à évaluer si l'interaction entre ces deux facteurs avait un impact sur l'énergie dépensée.

Avant d'interpréter les résultats, les hypothèses nécessaires à l'ANOVA ont été vérifiées, notamment la normalité des résidus et l'homogénéité des variances (Figure 52). Le test de normalité de Shapiro-Wilk a révélé que les résidus ne suivent pas une distribution normale (p -value = 0.0001919), ce qui limite l'exploitation des résultats de l'ANOVA dans sa forme actuelle. Cependant, le test de Levene a montré que les variances sont homogènes (p -value = 0.3308), ce qui est favorable pour l'ANOVA.

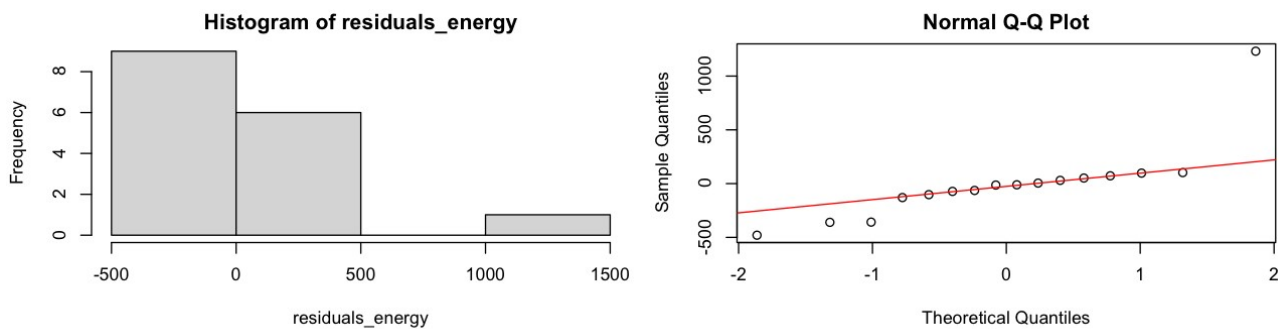


Figure 52: Histogramme et Q-Q plot des résidus de l'analyse de la variance sur l'effet de l'abreuvement sur l'énergie dépensée en déplacement.

En ce qui concerne les résultats de l'ANOVA, l'effet de l'abreuvement sur l'énergie dépensée est significatif (p -value = 0.04562), suggérant que les chèvres qui se sont abreuvées ont dépensé plus d'énergie que celles qui ne se sont pas abreuvées. Par contre, l'effet du site seul (SS vs AND) n'est pas significatif (p -value = 0.94233), ce qui indique qu'il n'y a pas de différence d'énergie dépensée en fonction du site. En revanche, l'interaction entre l'abreuvement et le site est significative (p -value = 0.00335), ce qui suggère que l'impact de l'abreuvement sur l'énergie dépensée varie selon le site.

Table 20 Résultats de l'ANOVA pour l'effet de l'abreuvement et du site sur la quantité d'énergie dépensée en déplacement.

Effet	Ddl (DF)	F-value	P-value
Abreuvement	1	4,972	0,04562 *
Site	1	0,005	0,9423
Abreuvement:Site	1	13,294	0,00335**

Les boxplots (Figures 53 et 54) montrent les distributions des données selon le site et l'abreuvement : les boîtes vertes représentent les jours avec abreuvement et les rouges ceux sans. Chaque boîte illustre les quartiles, avec des moustaches jusqu'à 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des moustaches indiquent les valeurs aberrantes.

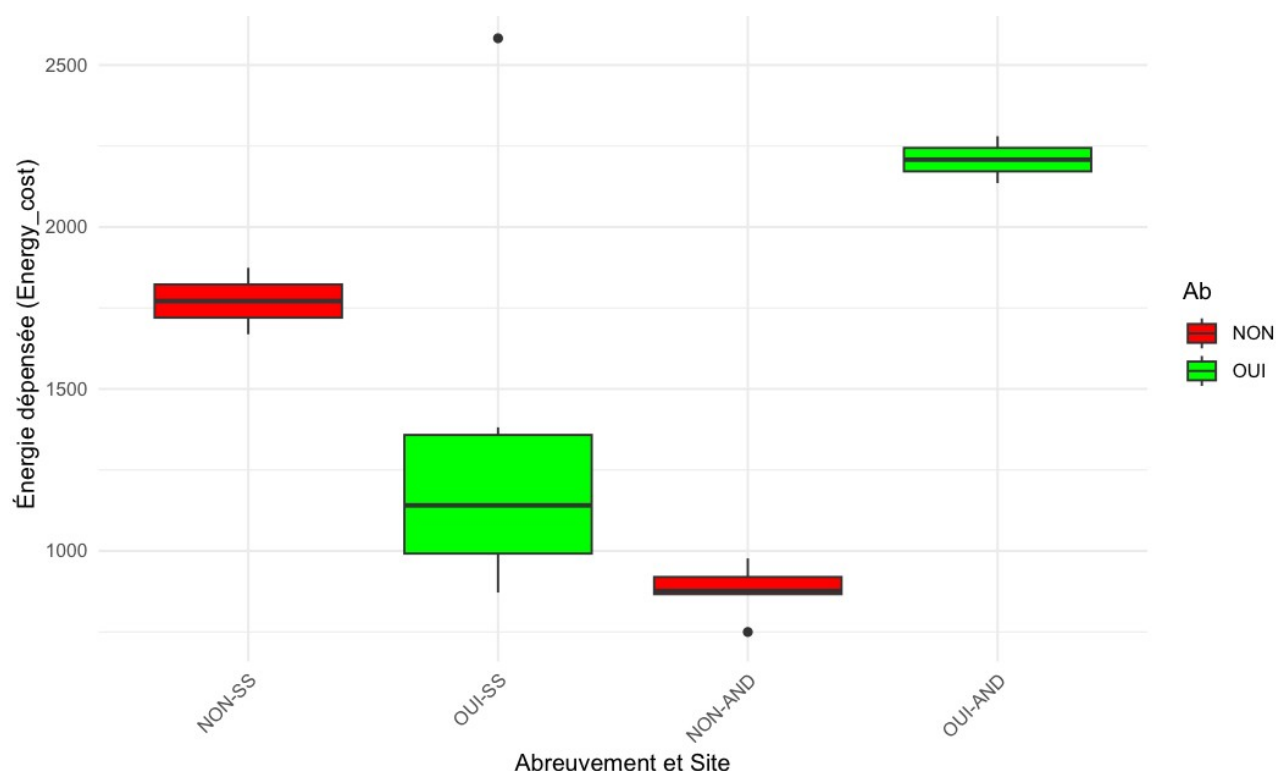


Figure 53: Boxplot de l'énergie consommée en déplacement (Energy_conso) en kcal en fonction du site d'Andrahinaly (AND) et Soalara-sud (SS) ainsi que s'il y a eu un abreuvement (Ab) durant la journée (OUI ou NON).

Malgré ces résultats intéressants, la violation de l'hypothèse de normalité des résidus invite à une prudence dans l'interprétation des conclusions.

5.6.2 Effet de l'abreuvement sur l'énergie consommée

La même ANOVA a été réalisée, mais cette fois afin d'étudier l'effet de l'abreuvement sur l'énergie consommée. Celle-ci a révélé des résultats significatifs pour les effets principaux des deux facteurs. En effet, l'effet de l'abreuvement (p-value = 1.78e-05) est significatif, indiquant que les chèvres qui se sont abreuvées consomment de manière significative plus d'énergie métabolisable

que celles qui ne l'ont pas fait. De même, l'effet du site ($p\text{-value} = 4.09\text{e-}07$) est également significatif, ce qui suggère que l'énergie consommée varie considérablement entre les deux sites étudiés (SS et AND) avec une quantité bien plus importante dans le site d'AND.

Table 21

Effet	Ddl (DF)	F-value	P-value
Abreuvement	1	46,863	1,78e-05 ***
Site	1	97,576	4,09e-07***
Abreuvement:Site	1	3,845	0,0735

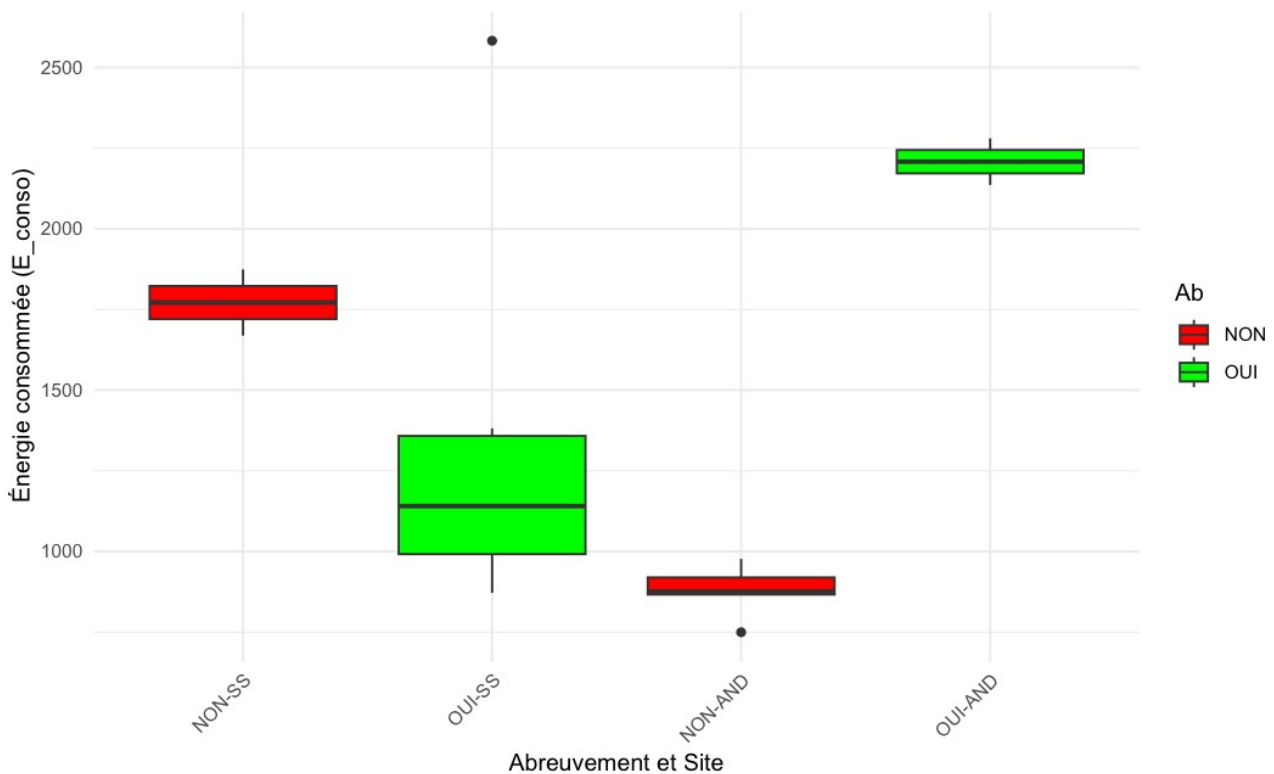


Figure 54: Boxplot de l'énergie métabolisable ingérée (E_{conso}) en kcal en fonction du site d'Andrahinaly (AND) et Soalara-sud (SS) ainsi que s'il y a eu un abreuvement (Ab) durant la journée (OUI ou NON).

Cette fois, le test de normalité de Shapiro-Wilk ($p\text{-value} = 0.2512$) indique que les résidus de l'ANOVA suivent une distribution normale, validant ainsi l'utilisation de cette méthode statistique pour l'analyse (Figure 55). En conclusion, ces résultats sont exploitables car l'hypothèse de normalité des résidus est respectée, et les différences significatives entre les groupes sont fiables pour tirer des conclusions sur l'impact de l'abreuvement et du site sur l'énergie dépensée par les chèvres.

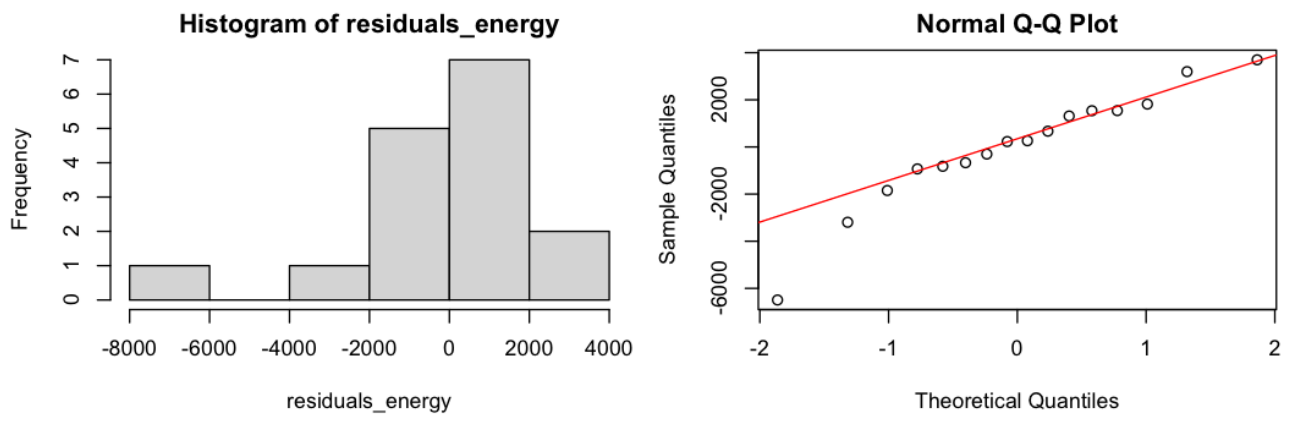


Figure 55: Histogramme et Q-Q plot des résidus de l'analyse de la variance sur l'effet de l'abreuvement sur l'énergie métabolisable consommée.

6 Discussion

6.1 Caractéristiques des sites

6.1.1 Diversité et hétérogénéité des sites

Dans le cadre de notre étude, l'indice de Shannon calculé pour le site Soalara-Sud (SS) est de 1,48, ce qui indique un certain niveau de diversité spécifique. Ce résultat peut être mis en perspective avec l'étude de Mondragón-Botero et al. (2024), qui a observé un indice de Shannon de 1,69 (avec un écart type de 0,23) pour un site similaire, un fourré xérophile, ce qui peut donc être comparé aux conditions écologiques de notre site SS.

Il n'y a pas de différence significative entre les indices de Shannon des deux sites. Cela ne signifie pas qu'il n'existe aucune variation entre les sites, mais que cette variation, si elle existe, n'affecte pas significativement la diversité spécifique mesurée, c'est à dire la quantité et à la répartition des espèces présentes dans un écosystème ou un site donné.

De plus, le faible nombre d'espèces communes (9) entre les deux sites reflète une faible « similitude » écologique, malgré la proximité géographique. Cela pourrait être attribué à des facteurs comme les pressions anthropiques ou aux différents sols (Voir section 4.1 pour plus de détails).

Une analyse plus approfondie des espèces partagées permettrait de mieux comprendre les mécanismes favorisant leur présence dans les deux sites. Il serait pertinent de déterminer si ces espèces possèdent des traits écologiques spécifiques, leur conférant une certaine plasticité ou résistance.

Enfin, l'inclusion des données des quadras et des bouchées, ainsi que des deux saisons, garantit une représentation exhaustive des communautés végétales. Ce choix méthodologique renforce la robustesse des conclusions. Toutefois, l'influence potentielle des saisons sur la composition des espèces, bien qu'implicitement prise en compte, mériterait une analyse distincte pour évaluer la constance ou la variabilité temporelle des communautés.

6.1.2 Stratification de la végétation

Les différences marquées observées entre les sites SS et AND en termes de hauteur moyenne, médiane, densité et écart type des hauteurs des plantes reflètent des contrastes écologiques significatifs entre ces deux sites.

En plus d'une hauteur moyenne plus élevée et d'une densité de végétation ligneuse presque doublée, le site de Soalara Sud se distingue particulièrement par la présence d'une strate arborée, absente dans les quadras du site AND. L'absence apparente d'une strate arborée sur le site d'AND ne signifie pas l'absence totale d'arbres. En effet, bien que des arbres soient présents, leur faible densité et leur espacement important ne les rendent pas suffisamment fréquents dans les quadras étudiés

pour être identifiés comme une strate distincte (Figure 56). Le nombre limité de répétitions dans les échantillons étudiés peut également expliquer l'absence de cette strate dans les résultats observés.

Ces contrastes peuvent être attribués à l'impact des pressions anthropiques, notamment l'usage du feu. En effet, le site AND a subi de nombreux feux déclenchés par la population locale, souvent liés à des pratiques agricoles comme le défrichage ou le renouvellement de pâturages (Alamino, 2021) ("Politiques nationales ayant une incidence sur les incendies de forêt en Afrique," December-20-2024). Ces feux répétitifs limitent la régénération des strates arborées et réduisent la densité des végétations ligneuses, contribuant ainsi aux résultats observés (Oliveras et al., 2016).

L'exemple de Strydom et al. (2022) dans les fourrés subtropicaux des dunes d'Afrique du Sud illustre bien ces dynamiques : leurs recherches montrent que des feux fréquents diminuent la diversité des espèces ligneuses et favorisent une dominance de strates arbustives plus basses (Figure 56). Ces perturbations écologiques pourraient expliquer l'absence apparente de strate arborée et la hauteur moyenne plus basse dans les quadras d'AND. Ces résultats renforcent l'idée que les pratiques humaines, comme l'usage du feu, jouent un rôle central dans la structuration des écosystèmes locaux et dans les différences écologiques observées entre les deux sites.

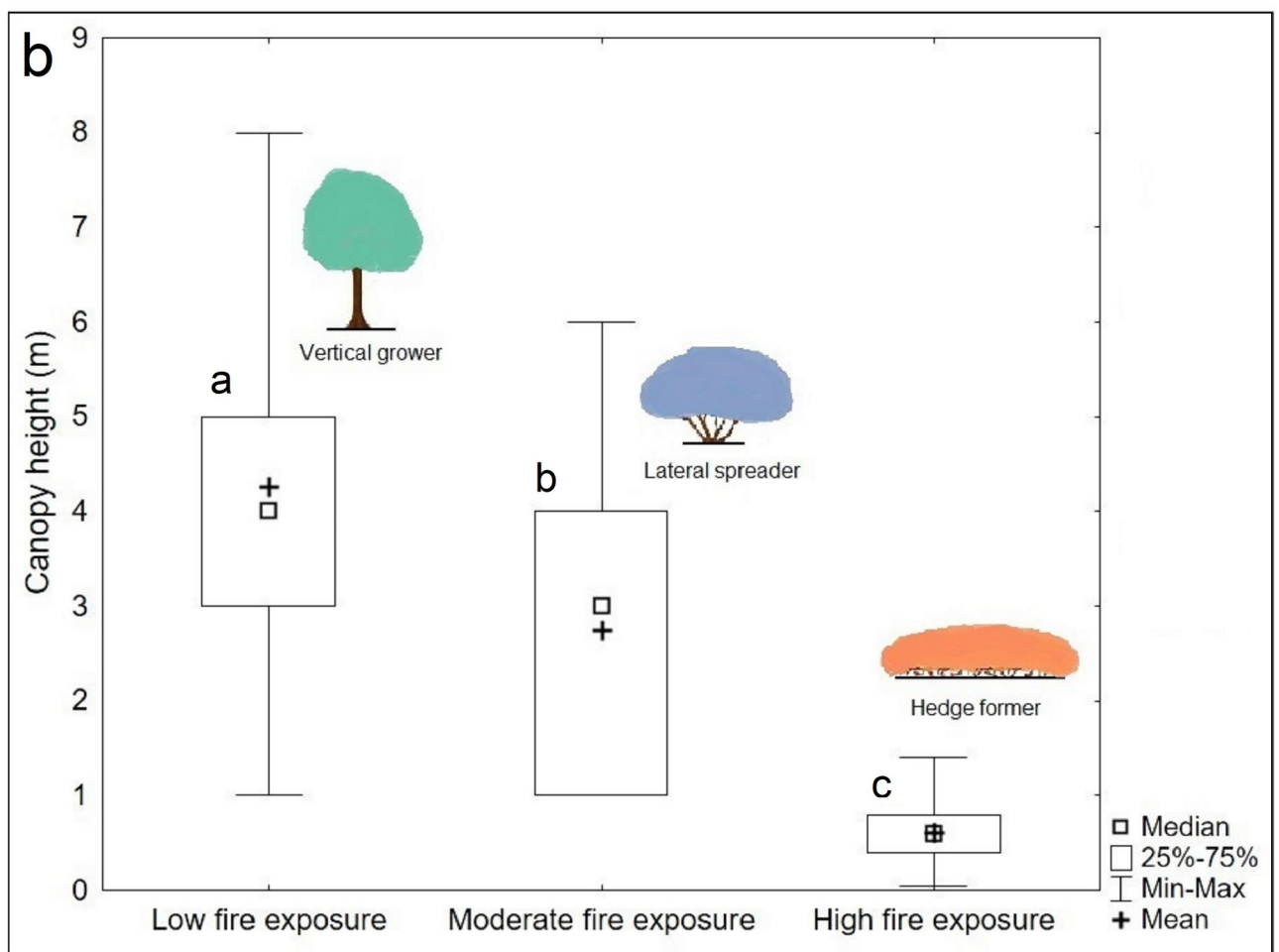
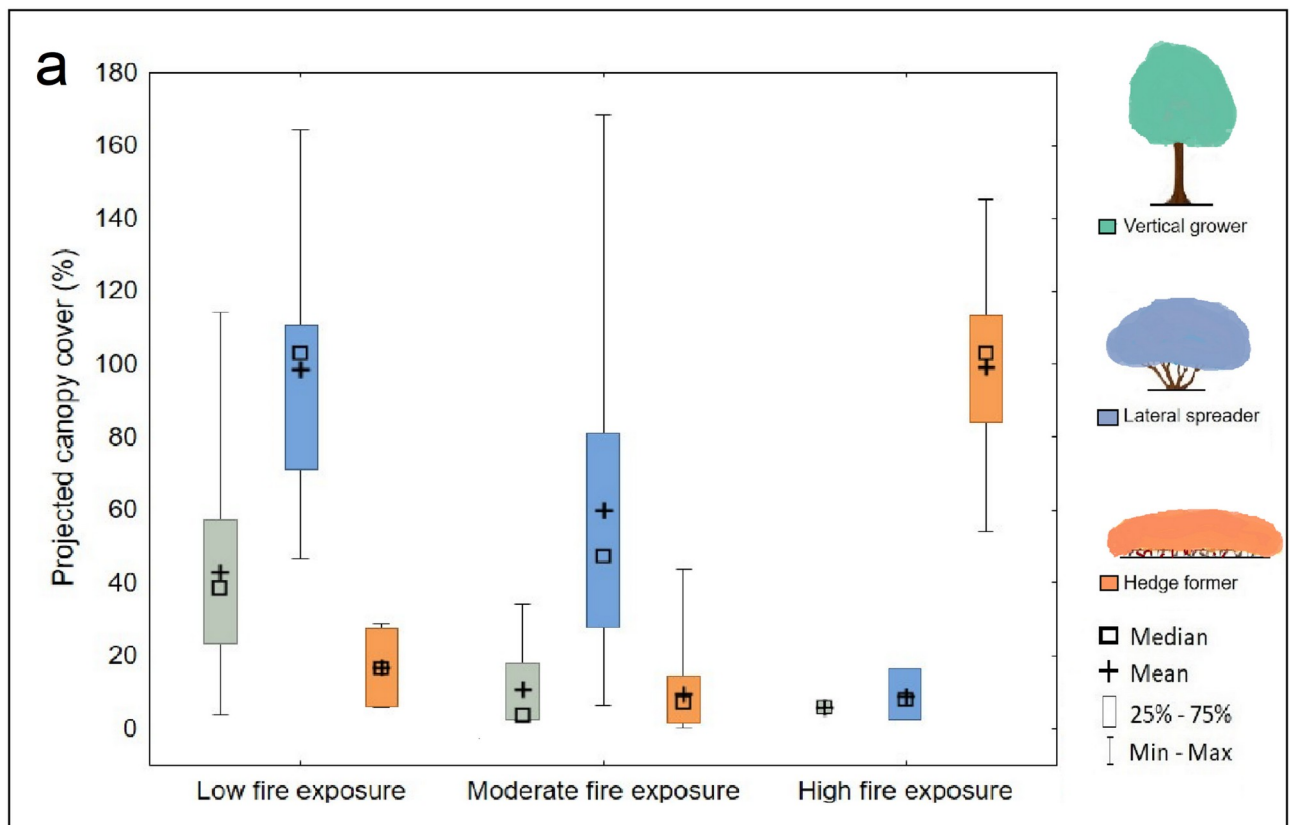


Figure 56: Différences de couverture de la canopée (A) et de hauteur (B) selon les trois catégories d'exposition au feu. La légende (code couleur) indique la guildes architecturale la plus courante dans les catégories d'exposition au feu respectives. Des petites lettres disparates indiquent des différences significatives entre les catégories d'exposition au feu basées sur les résultats du test H de Kruskal Wallis et les comparaisons multiples de Dunn. Source : Strydom et al., (2022)

6.2 Qualités bromatologiques

6.2.1 Sites

Les différences significatives de la teneur en matières grasses (Fat_{as}) entre les sites AND et SS observées dans notre étude suggèrent une influence génétique prédominante. En effet, des recherches antérieures ont démontré que la composition en matières grasses des plantes est principalement déterminée par des facteurs génétiques, indépendamment des conditions environnementales. Par exemple, une étude sur différentes variétés de sésame a révélé que les variations de teneur en matières grasses étaient attribuables aux différences génétiques entre les variétés, plutôt qu'à des influences environnementales (Sene et al., 2018). Ainsi, il est plausible que les plantes du site AND possèdent des caractéristiques génétiques spécifiques conduisant à une accumulation accrue de matières grasses par rapport à celles du site SS.

Cependant, une influence des facteurs climatiques et des pratiques humaines ne peut être exclue. En effet, dans leur étude, Murphy et al., (2018) ont montré que le feu influence les qualités des plantes lors de la repousse. Cela pourrait également avoir un lien avec le fait que celui-ci peut affecter les propriétés du sol (carbone du sol et capacité de rétention d'eau) (Kitzberger et al., 2005), influençant indirectement la composition chimique des plantes (Huang et Boerner, 2007).

Ces études soutiennent l'idée que des événements climatiques tel que l'exemple des feux de brousse, peuvent entraîner des modifications significatives dans la composition chimique des plantes régénérées, y compris une accumulation accrue de matières grasses. Cependant, des études spécifiques aux espèces présentes sur les sites étudiés sont nécessaires pour confirmer ces hypothèses et mieux comprendre les mécanismes sous-jacents.

En revanche, les autres variables analysées (ADF, ADL, ASH, CELL, DMSauf et NDF) ne montrent pas de variation significative entre les sites, suggérant une composition similaire pour ces caractéristiques, indépendamment des facteurs environnementaux ou écologiques.

6.2.2 Saison

L'objectif de cette analyse de variance était d'évaluer l'impact des variations saisonnières sur les qualités bromatologiques des plantes consommées par les chèvres.

Les résultats de notre analyse montrent une augmentation significative des NDF pendant la saison sèche, tandis que les protéines sont plus abondantes lors de la saison des pluies. Ces observations sont en accord avec les travaux de Yayneshet et al. (2009), qui ont également observé une variation saisonnière importante de la composition des plantes fourragères dans les régions semi-arides d'Ethiopie. Selon ces auteurs, pendant la saison sèche, les plantes subissent un stress hydrique, ce qui les pousse à augmenter la lignification de leurs tissus pour résister aux conditions difficiles. Cette adaptation physiologique conduit à une plus grande accumulation de NDF, rendant la plante plus résistante aux sécheresses, mais également moins digestible par les herbivores.

En revanche, lors de la saison des pluies, les conditions climatiques favorisent une meilleure croissance des plantes grâce à une plus grande disponibilité en eau et en nutriments. Cela permet

aux plantes de se concentrer sur la production de feuilles et de protéines, augmentant ainsi leur teneur en protéines brutes, comme le montre également notre étude. Yajnesh et al. (2009) expliquent que durant cette période, les plantes peuvent allouer davantage de ressources à la croissance végétative, ce qui entraîne une amélioration de leur qualité nutritive, notamment en termes de teneur en protéines expliquant nos résultats. De plus, Ammar et al. (2004) ont observé que la teneur en protéines diminue généralement pendant la saison sèche, avec des valeurs plus élevées dans les jeunes feuilles récoltées au début des pluies.

Enfin, les teneurs en ASH et Fat_{as} varient significativement entre les saisons. Ces différences saisonnières peuvent être attribuées aux changements dans la disponibilité et la qualité des espèces végétales au fil de l'année, influencés par les conditions environnementales telles que la pluviométrie. De manière similaire, Birnin-Yauri et al. (2011) ont également rapporté que la teneur en cendres et en matières grasses varient selon les saisons.

6.3 Ingestion au pâturage

6.3.1 Variabilité entre chèvres

L'utilisation d'un modèle mixte pour analyser la variance interindividuelle a permis de mettre en évidence une variabilité significative entre les individus étudiés révélatrice d'une hétérogénéité marquée. Ces différences peuvent être attribuées à des facteurs intrinsèques tels que des variations génétiques, des préférences alimentaires ou des différences physiologiques.

Cette observation est renforcée par les travaux de Cellier et al. (2021), qui ont démontré que l'alimentation des chèvres varie non seulement selon les conditions environnementales, mais également en fonction de l'état physiologique, notamment l'état de lactation. Ces auteurs montrent que les besoins alimentaires et les stratégies de sélection des ressources sont influencés par les stades de lactation, ce qui modifie les comportements individuels. Cela est particulièrement pertinent dans notre étude, où les chèvres analysées se trouvent dans des stades de lactation différents (Tables 6 et 7). Cette hétérogénéité d'état physiologique pourrait donc expliquer une partie de la variance interindividuelle observée.

Par ailleurs, étant donné que la variance résiduelle est légèrement supérieure à la variance interindividuelle, cela implique que des facteurs non pris en compte influencent également les comportements. Des facteurs liés aux interactions sociales décrits par Stears et al., (2014) en font probablement partie.

Quoi qu'il en soit, cette analyse met en lumière l'importance d'intégrer la variabilité interindividuelle et les facteurs physiologiques pour mieux comprendre les dynamiques de population. Dans un contexte pratique, ces résultats peuvent guider des stratégies de gestion adaptées aux besoins spécifiques des chèvres, tout en tenant compte des préférences et des états physiologiques individuels. Une caractérisation de chaque individu du troupeau est donc une piste pour comprendre avec précision les dynamiques d'ingestion du fourrage et d'ainsi améliorer l'efficacité des pratiques.

6.3.2 Diversité du régime

Les analyses montrent que la consommation des espèces varie significativement selon la saison et le site, mais pas entre individus. Les variations saisonnières ($p < 0,001$) s'expliquent par des changements dans la disponibilité des ressources, tandis que les différences entre sites ($p = 0,014$) reflètent les spécificités locales. L'absence de variation individuelle ($p = 1$) indique une homogénéité alimentaire au sein du troupeau, probablement due à des contraintes environnementales ou de gestion. Ces résultats soulignent l'importance de considérer les facteurs spatio-temporels dans la gestion des pâturages.

6.3.3 Organes consommés

Les résultats montrent une variation significative dans la consommation de fruits entre les sites étudiés. Dans le site SS, une consommation accrue de fruits a été observée, ce qui peut être attribué à une disponibilité plus importante de fruits dans cette zone. En effet, le site est caractérisé par une densité plus élevée d'arbres et d'arbustes offrant ainsi une plus de fruits disponibles. La majorité des fruits consommés dans ce site provient d'une seule espèce dominante : le Hazonosy (Figure 58) (de hazon: arbre et osy: chèvre) ("Malagasy Dictionary and Encyclopedia : hazonosy," December-16-2024) littéralement « l'arbre à chèvre ». D'après les observations, les fruits de cette espèce étaient recherchés en priorité par les chèvres lors de la recherche de nourriture (Figure 64).



Figure 58: Feuille de « Hazonosy ».
Source : Photographie personnelle prise le 21 septembre 2024



Figure 57: Chèvre consommant du "Hazonosy".
Source : Photographie personnelle prise le 21 septembre 2024



Figure 59: Excrément de chèvre contenant une graine de Hazonosy. Source : photographie personnelle prise le 19 septembre 2024.

En revanche, dans le site AND, les fruits consommés sont principalement des mangues, qui ne sont pas naturellement accessibles en abondance, mais sont distribuées par les éleveurs eux-mêmes en les décrochant des arbres pour compléter l'alimentation des chèvres. Ce contraste met en évidence l'influence des pratiques humaines sur les choix alimentaires des chèvres dans ce site.

Ces observations concordent avec les études qui soulignent l'impact de la disponibilité et de l'accès aux ressources alimentaires sur la composition du régime des chèvres. Par exemple, une étude de Animut et al. (2005) a démontré que les chèvres consomment plus de fruits et de feuilles d'espèces ligneuses lorsque les herbacées deviennent rares en saison sèche, soulignant l'importance des ressources alternatives pour la survie et la productivité des chèvres.

Ces résultats suggèrent que l'abondance locale des fruits ainsi que les interventions humaines jouent un rôle clé dans la structuration du régime alimentaire, influençant à la fois la diversité et la sélectivité des organes consommées.

6.3.4 Quantité de matière sèche consommée

A) Effet de la saison

Les analyses montrent une différence statistiquement significative dans la consommation de matière sèche entre les saisons, avec une consommation plus faible à la fin de la saison sèche qu'à la saison des pluies. Cette variation peut être expliquée par la réduction de la disponibilité des ressources alimentaires durant la fin de la saison sèche, période où la végétation herbacée est

souvent limitée en quantité et en qualité. En effet, comme l'ont montré González-Pech et al. (2021), les chèvres doivent alors adapter leur comportement alimentaire en sélectionnant davantage d'espèces ligneuses ou d'autres ressources moins accessibles, ce qui peut réduire l'apport total en matière sèche.

De plus, une autre étude menée par Kababya et al. (1998) dans une savane sud-africaine a montré que certaines espèces ligneuses à petites feuilles sont sélectionnées davantage en saison sèche, ce qui correspond à une disponibilité réduite des ressources herbacées plus digestibles. D'après eux, cela impacterait négativement la consommation de matière sèche en raison de leur faible digestibilité et de leur influence sur la satiété prématurée chez les chèvre.

Cependant, bien que cette différence soit significative, son impact reste modéré, comme en témoigne la somme des carrés des résidus qui est largement supérieure à celle attribuée à la saison. Cela suggère que d'autres facteurs non étudiés, tels que les pratiques de gestion des troupeaux ou les préférences alimentaires individuelles, contribuent de manière importante à la variabilité totale.

B) Effet du site

En revanche, l'effet du site sur la consommation de matière sèche est beaucoup plus marqué. Les chèvres consomment significativement moins de matière sèche dans le site de Soalara-Sud (SS) par rapport à Andranohinaly (AND). Cela peut être attribué en partie à des différences dans la composition floristique des deux sites : Soalara-Sud, dominé par des arbustes et une végétation xérophile, offre moins de matière verte ou de biomasse comestible facilement accessible que le site d'Andranohinaly, où la présence de végétation herbacée est plus importante. Pour illustrer ces différences d'accessibilité, le temps passé par les chèvres debout sur leurs pattes arrière pour rechercher de la nourriture en hauteur (Figures 57 et 60) a été mesuré pour une chèvre sur les deux sites, avec une moyenne de 903 secondes par jour à SS (15minutes) contre 0 seconde à AND.

De plus, dans le site AND, les chèvres ne disposent pas d'une liberté totale dans leurs choix alimentaires. En plus d'être dirigées d'une zone à une autre par le chevrier, elles sont parfois incitées à consommer une espèce en particulier au moyen de signaux sonores, en leur présentant des branches (Figures 61 et 62) ou en décrochant des fruits des arbres, comme des mangues non mûres, des fruits du « Tsninefo » ou du « Kashia ». À l'inverse, les éleveurs empêchent l'accès à certaines espèces considérées comme toxiques, telles que le « Velay », en lançant des pierres pour les en dissuader. Cette gestion ciblée de l'alimentation pourrait expliquer une plus grande ingestion de matière sèche et une meilleure efficacité alimentaire.



Figure 60: Chèvre sur ses pattes arrières pour atteindre les feuilles plus haute du Hazonosy. Source : photographie personnelle prise le 20 septembre 2024.

Ensuite, les différences génétiques entre les troupeaux peuvent expliquer en partie les différences d'ingestion en matière sèche. Les lignées de chèvres peuvent présenter des besoins nutritionnels et des capacités d'ingestion différents en raison de leur génétique. Certaines lignées



Figure 61: Chevrier incitant une chèvre à se nourrir 1. Source: Photo personnelle prise le 27 septembre 2024.



Figure 62: Chevrier incitant une chèvre à se nourrir 2. Source: Photo personnelle prise le 27 septembre 2024.

sont plus efficaces dans l'absorption des nutriments et peuvent avoir une plus grande capacité de consommation de matière sèche, ce qui influence leur comportement alimentaire. Cela est soutenu par des études montrant que les différences génétiques entre les troupeaux affectent leur réponse face au climat (Denoyelle et al., 2021), leur métabolisme et leur efficacité digestive (Giger-Reverdin et al., 2016 ; Chassier et al., 2022) et leur prise alimentaire (Johnson et al., 2022). En outre, les boucs croisés Angora du site de Soalara Sud (Figure 63) pourraient également contribuer à des variations génétiques influençant l'efficacité alimentaire, car les croisements peuvent affecter des traits comme la taille de l'animal, son métabolisme et sa capacité à digérer certains types de végétation.



Figure 63: Bouc croisé angora. Source : photographie personnelle prise le 22 septembre 2024.

Il faut savoir que les races de chèvres présentes à Madagascar sont Angora, Hircus ou mixte Angora-Hircus. Dans l'étude présente, nous ne avons pas si les races des troupeaux sur les deux sites sont Hircus pures ou mixte Angora-Hircus. Cependant, il est probable que quelle que soit la race, les chèvres de chaque site proviennent de lignées distinctes à cause de l'éloignement géographique et des difficultés logistiques pour le déplacement dans la région.

6.3.5 Energie métabolisable ingérée

Les résultats concernant l'énergie métabolisable ingérée (EMI) sont cohérents avec ceux relatifs à la consommation de matière sèche (DMI). En effet, l'EMI est positivement corrélée à la DMI, ce qui signifie que plus la chèvre consomme de matière sèche, plus elle ingère d'énergie. Les différences d'EMI entre les sites sont donc logiquement liées aux différences dans la quantité de matière sèche consommée. Cependant, ces différences sont encore plus marquées que celles observées pour la DMI, car l'EMI moyen des plantes consommées à Andranohinaly est significativement plus élevé (Figure 38).

6.4 Sélectivité

L'analyse de la sélectivité alimentaire des chèvres a révélé plusieurs facteurs influençant leurs choix alimentaires, notamment les qualités bromatologiques des plantes, les caractéristiques environnementales, les familles végétales et les espèces spécifiques. Les résultats obtenus à partir de la régression multiple confirment l'importance de ces variables et mettent en lumière des tendances qui peuvent avoir des implications pour la gestion des pâturages et l'amélioration des stratégies d'alimentation des chèvres.

6.4.1 Variables bromatologiques

Les résultats montrent une corrélation négative significative entre la sélectivité des chèvres pour les espèces végétales et leur teneur en ADF (Acid Detergent Fiber) ainsi qu'en cellulose (CELL). Ces observations suggèrent que les chèvres tendent à éviter les plantes ayant une forte concentration en fibres structurales, probablement en raison de la difficulté accrue à digérer ces composés. L'ADF et la cellulose, composants majeurs des parois cellulaires végétales, sont connus pour réduire la digestibilité et l'énergie nette disponible pour les ruminants (Min et al., 2015). Ainsi, les chèvres semblent privilégier des espèces végétales moins fibreuses, qui offrent une meilleure digestibilité et une valeur nutritive plus élevée.

Cette tendance est conforme aux études antérieures qui indiquent que les herbivores sélectionnent préférentiellement des aliments ayant une faible teneur en fibres indigestibles pour maximiser leur apport énergétique. Par exemple, des recherches menées sur des chèvres dans des pâturages méditerranéens ont montré une relation négative similaire entre la sélection alimentaire et la teneur en ADF, soulignant l'importance de la qualité nutritionnelle dans la prise de décision alimentaire (Barroso et al., 1995 ; Chebli et al., 2022).

6.4.2 Caractéristiques environnementales

A) Site

L'influence du site et de la saison sur la sélectivité des chèvres met en évidence l'importance des facteurs environnementaux dans les choix alimentaires. Sur le site SS, la sélectivité est particulièrement élevée, en grande partie en raison de la présence de l'Hazonosy, une espèce végétale très recherchée par les chèvres. Cette plante représente jusqu'à 49 % du régime alimentaire des chèvres de SS en masse. D'après les observations lors du suivi, le comportement alimentaire observé à SS est assez atypique et peut être résumé grossièrement par la figure 64. Cependant, bien que l'Hazonosy semble avoir une forte valeur nutritive, il n'y a pas suffisamment d'informations disponibles pour expliquer précisément pourquoi elle attire autant les chèvres. Plusieurs hypothèses pourraient être avancées, mais des études plus approfondies sont nécessaires pour mieux comprendre les raisons de cette attirance, qu'il s'agisse de son goût, de sa composition chimique, de sa digestibilité ou d'autres facteurs.

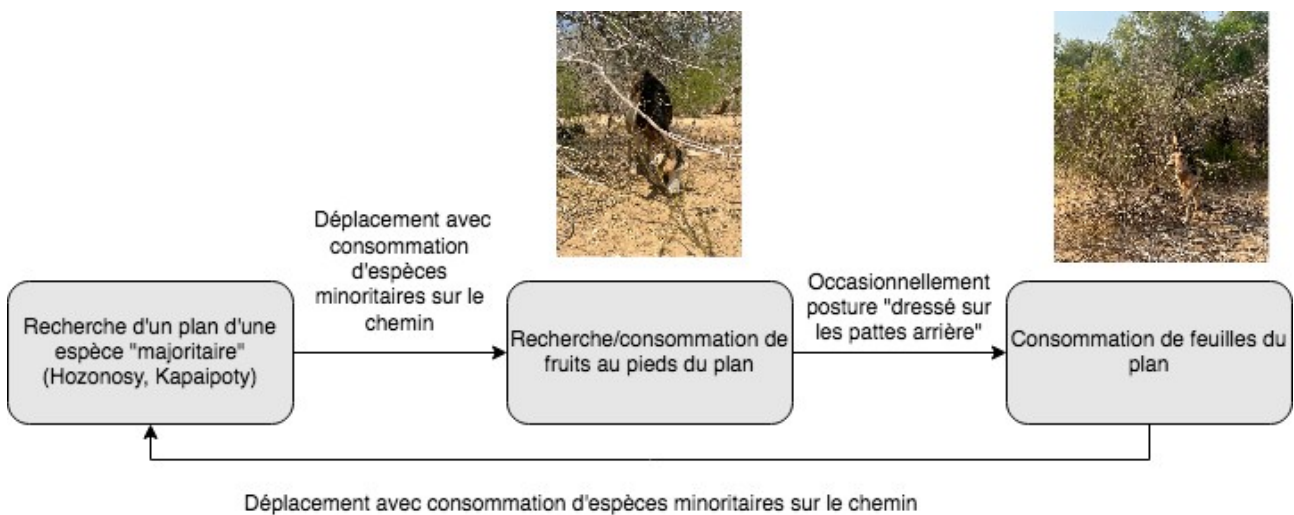


Figure 64: Cycle comportemental typique observé sur les chèvres du site SS lors de la recherche de nourriture.

B) Saison

Les résultats suggèrent que la saison influence la sélectivité alimentaire des chèvres. En saison des pluies, l'abondance et la diversité des ressources végétales réduisent la pression de sélection, permettant aux chèvres de consommer un éventail plus large de plantes sans se limiter aux espèces les plus accessibles. Cela se traduit par une sélectivité globalement plus faible malgré une plus grande variété de plantes disponibles. En revanche, pendant la saison sèche, la raréfaction des ressources oblige les chèvres à cibler les plantes les plus accessibles parmi une offre limitée, ce qui accroît leur sélectivité. Ces résultats concordent avec des études montrant que la sélectivité alimentaire des herbivores fluctue en fonction de la disponibilité des ressources, reflétant leur capacité d'adaptation aux contraintes environnementales (Bailey et al., 1996).

Cependant, ces conclusions peuvent sembler contradictoires, car certaines études ont montré que l'abondance de ressources peut également conduire à une sélectivité accrue, en raison de la possibilité de choisir parmi une offre plus variée et qualitative (Ortiz-Domínguez et al., 2022).

Ces contradictions montrent une influence du contexte environnemental sur le comportement de sélection des chèvres. Hoy et al., (2019) le confirment en montrant que le comportement de recherche de nourriture est dynamique et varie en réponse aux conditions environnementales.

6.9.3 Familles végétales

Les résultats mettent en évidence une sélectivité marquée des chèvres dans leur régime alimentaire, illustrée par la distribution des familles végétales dans les deux catégories principales identifiées. D'une part, certaines familles sont surconsommées malgré leur faible disponibilité dans l'environnement, et d'autre part, des familles largement disponibles sont peu intégrées dans leur alimentation. Ce constat souligne l'importance de facteurs autres que la simple abondance dans la sélection alimentaire des chèvres.

Les Convolvulaceae, majoritairement représentées par l'espèce *Lailalemotro*, sont systématiquement sélectionnées par les chèvres, à l'exception notable de septembre sur le site de Soalara-Sud. Cette baisse de consommation peut être expliquée par l'état physiologique de cette plante à cette période. En effet, *Lailalemotro* se trouve asséché à la fin de la saison sèche. Par ailleurs, son accessibilité réduite pourrait également jouer un rôle dans cette diminution. Il a été observé que les chèvres creusaient parfois le sol pour atteindre les racines de cette espèce, signe que, malgré les contraintes d'accès, elle reste recherchée pour ses qualités nutritives.

Cette observation souligne l'importance de *Lailalemotro* dans le régime alimentaire des chèvres et leur capacité d'adaptation en réponse aux conditions environnementales. Le fait que cette ressource devienne difficilement accessible en fin de saison sèche pourrait réduire son intégration dans le régime alimentaire, mais le comportement de fouissage des chèvres illustre leur aptitude à exploiter des ressources autrement inaccessibles.

Ensuite, les différences dans les familles sélectionnées entre les deux saisons confirment l'importance des dynamiques écologiques et des conditions environnementales dans la sélection alimentaire des chèvres. Cooke et al., (2023) ont montré que ces variations saisonnières sont dues à une stratégie adaptative des chèvres qui ajustent leur régime en fonction des ressources disponibles pour maintenir leur équilibre nutritionnel, déjà observé par Schwartz et al., (1987).

Enfin, les points éloignés de l'axe diagonal, indiquant une consommation disproportionnée par rapport à la disponibilité, soulignent que les chèvres ne se contentent pas de consommer les ressources les plus abondantes. Cette observation est en accord avec la théorie de l'« optimal foraging », selon laquelle les herbivores maximisent leur apport énergétique tout en minimisant l'effort requis pour exploiter les ressources. Cependant, les résultats montrent que cette stratégie est modulée par des préférences spécifiques et des contraintes environnementales, comme la disponibilité saisonnière ou les propriétés nutritionnelles des plantes.

6.5 Fréquence de bouchées et ingestion par minute

6.5.1 Impact de la saison sur la biomasse disponible

La forte différence saisonnière observée dans cette étude, jusqu'à dix fois moins de biomasse disponible par hectare, est typique des régions semi-arides africaine. En effet, ce phénomène a déjà été observé par Chebli et al. (2022) (Figure 65). En fait, d'après Camberlin et al., (2007) les variations de biomasse suivraient généralement la répartition annuelle des précipitations. Guèye, (2016) a même calculé un coefficient de corrélation de +0,85 entre la pluviométrie et la biomasse végétale disponible dans les régions semi arides du Nord Sénégal. Etant donné que dans le cas de cette étude, les dernières pluies remontaient à mars (source : population locale), juste avant la première collecte des données, cela peut expliquer les grandes différences saisonnières observées.

6.5.2 Variations comportementales : fréquence de bouchée (BR) et ingestion de matière sèche (IR)

La fréquence des bouchées (BR) et la quantité de matière sèche ingérée par minute (IR) augmentent significativement entre les deux saisons, illustrant une adaptation marquée des comportements alimentaires aux variations saisonnières. Cette saisonnalité dans le comportement alimentaire est cohérente avec les résultats de plusieurs études menées dans des régions semi-arides, notamment dans le Caatinga au Brésil (Ferreira et al., 2024), au nord du Maroc (Chebli et al., 2022) (figure) et dans la région de Kutchi en Inde (Sankhyan et al., 2001).

Les variations saisonnières observées plus tôt obligent les chèvres à changer leur interaction avec leur environnement. D'après Chebli et al., (2022), l'augmentation de la fréquence des bouchées et de la quantité ingérée par minute pourrait alors être une stratégie compensatoire pour maximiser l'ingestion d'énergie et de nutriments dans des conditions de rareté relative.. En revanche, pendant la saison humide, la disponibilité accrue de plantes de haute qualité pourrait permettre une ingestion plus efficace, nécessitant moins d'effort pour atteindre les besoins nutritionnels.

6.5.3 Différences entre les sites

Les résultats obtenus mettent en évidence des différences marquées entre les sites SS et AND en termes de biomasse disponible et de comportement alimentaire des chèvres. Bien que la biomasse disponible soit globalement plus faible à AND, ce site présente une régénération plus rapide en saison des pluies (+113 % contre +90 % pour SS). Cette capacité de régénération peut être attribuée à la prédominance d'une strate herbacée sur AND, plus réactive aux précipitations, en accord avec les observations de Verbruggen et al., (2021) sur la dynamique des strates végétales en conditions climatiques similaires.

En règle générale, il y a moins biomasse disponible dans le site de AND que celui de SS, quelle que soit la saison. Cette différence peut s'expliquer par la structure de la végétation des deux sites. Les caractéristiques du site de AND ont pour conséquence que celui-ci est plus exposé aux perturbations

écologiques, comme les feux et l'herbivorie, qui limitent l'accumulation de biomasse, contrairement aux fourrés qui sont moins affectés par ces facteurs. Ces observations sont cohérentes avec les travaux de Scholes et al., (1997) et de Bond et al., (2005) qui montrent que ces perturbations ont un impact sur la productivité d'un écosystème comme celui de AND.

Par ailleurs, AND se distingue par une fréquence de bouchée (BR) et un taux d'ingestion (IR) supérieurs à ceux observés sur SS, malgré une biomasse initialement plus faible. Cette efficacité alimentaire accrue peut aussi être expliquée par une meilleure accessibilité aux ressources herbacées sur AND, favorisant une ingestion rapide. Ces résultats corroborent les travaux de Searle et al., (2006), qui montrent également une augmentation de la BR dans des milieux où les ressources alimentaires sont plus facilement exploitables.

Sur le site de SS, caractérisé par une végétation majoritairement arbustive, les chèvres rencontrent des contraintes liées à l'accessibilité des ressources, ce qui pourrait expliquer les valeurs plus faibles observées pour la fréquence des bouchées (BR) et le taux d'ingestion (IR). Cela suggère que la composition végétale influence significativement le comportement alimentaire, au-delà de la quantité totale de biomasse disponible. Des résultats similaires ont été rapportés par Chebli et al. (2022), qui ont observé que les chèvres broutant dans des parcours forestiers méditerranéens présentaient des variations de comportement alimentaire liées aux caractéristiques structurelles de la végétation.

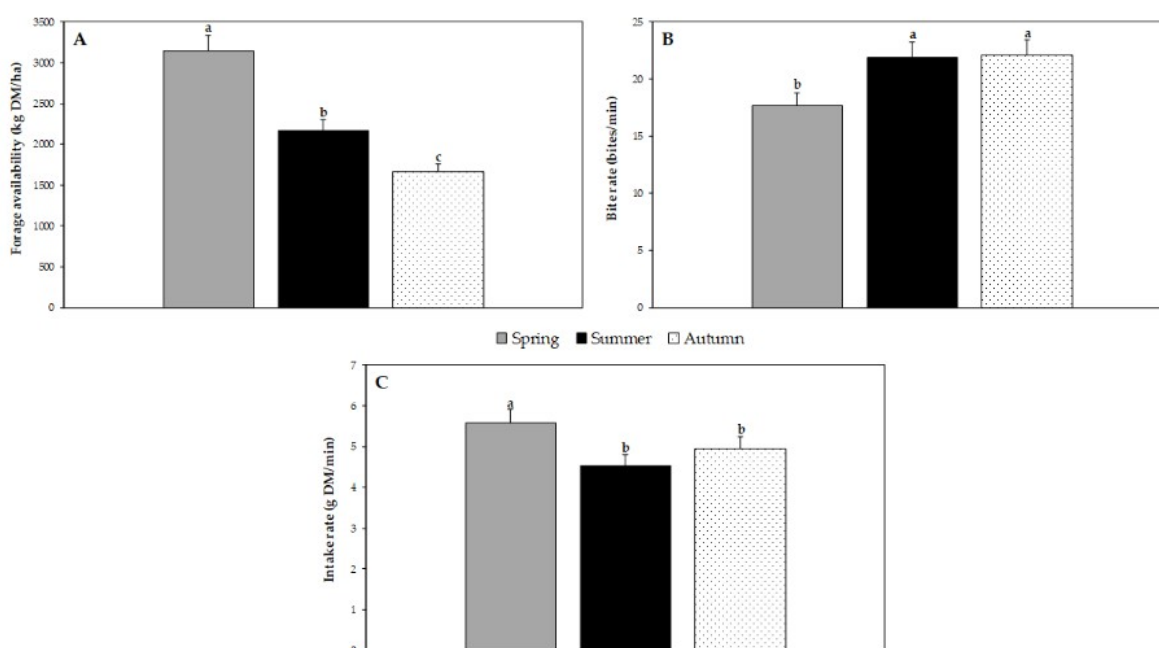


Figure 65: Variation saisonnière de la disponibilité en fourrage (A), du BR (B) et de l'IR (C) des chèvres dans des parcours forestiers méditerranéens. Source : Chebli et al. (2022).

6.5.4 Implications pour la gestion des pâturages

Ces observations soulignent l'importance de la saisonnalité dans la gestion des pâturages. En saison sèche, la disponibilité limitée de biomasse de qualité nécessite une gestion stratégique pour éviter la surexploitation des ressources végétales et pour maintenir la durabilité des systèmes pastoraux. En saison des pluies, une gestion efficace, comme la conduite du troupeau par les chevriers, permettrait d'exploiter au mieux l'abondance temporaire des ressources tout en préparant des réserves pour les périodes sèches.

6.6 Equilibre énergétique

6.6.1 Energie dépensée pour le déplacement

A) Effet de l'abreuvement

Le test ANOVA a révélé un effet significatif de l'abreuvement sur la dépense d'énergie des chèvres. Les chèvres ayant accès à l'eau dans la journée ont montré une dépense énergétique plus élevée que celles qui n'en avaient pas. Ce résultat est cohérent avec le fait que le point d'eau du site de Soalara-Sud soit éloigné de la zone de pâturage (Figure 15), donc que les chèvres dépensent plus d'énergie pour se déplacer les jours d'abreuvement. Au contraire, sur le site AND, les chèvres s'abreuvent au village et n'ont donc pas de déplacement supplémentaire pour avoir accès à l'eau.

Ensuite, une étude de Akinmoladun et al., (2019) a démontré que la réduction de l'accès à l'eau entraîne une diminution de la consommation alimentaire et de l'activité physique chez les chèvres car elles cherchent à minimiser les déplacements pour conserver l'énergie et l'eau expliquant alors les différences observées dans le site de AND.

B) Effet du site

En revanche, l'effet du site (SS vs AND) sur l'énergie dépensée par les chèvres ne s'est pas révélé significatif. Cela suggère qu'il n'y a pas de différence notable dans la dépense d'énergie des chèvres selon le site où elles se trouvent. Contrairement à ce que l'on pourrait attendre d'après les études de Feldt et al. (2016) (Figure 66), les chèvres n'ont pas dépensé plus d'énergie sur l'un des sites par rapport à l'autre. Toutefois, il convient de noter que la topographie des sites n'a pas été prise en compte dans cette analyse. En effet, le site de Soalara-Sud (SS) est complètement plat, tandis que le site d'Andranohinaly (AND) présente un relief avec de nombreux dénivelés. Il est donc possible que ces différences de terrain aient influencé la dépense d'énergie des chèvres de manière plus marquée, mais cela n'a pas été mesuré dans cette étude. Les chèvres sur le site AND pourraient avoir dépensé davantage d'énergie en raison de la nécessité de se déplacer sur un terrain plus accidenté, ce qui n'a pas été capturé dans l'analyse actuelle. Cette variable topographique pourrait constituer un facteur important à explorer dans des études futures pour mieux comprendre l'impact du site sur l'énergie dépensée.

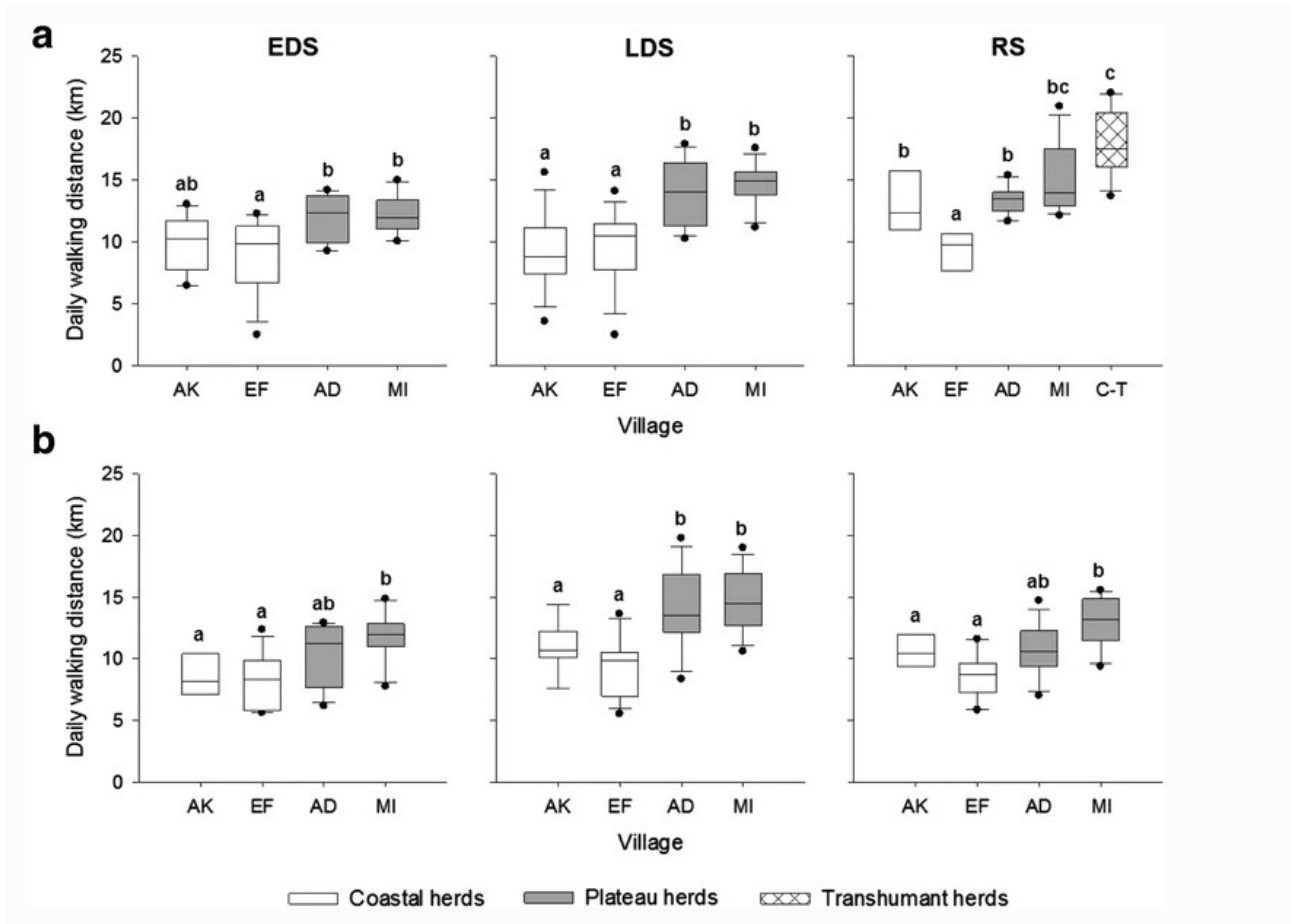


Figure 66: Variation saisonnière de la distance de marche quotidienne (km) des troupeaux de chèvres d'Ankilibory (AK), Efoetse (EF), Andremba (AD), Miarintsoa (MI) et des troupeaux de bovins en transhumance (C-T). Les données sont présentées pour le début de la saison sèche (EDS), la fin de la saison sèche (LDS) et la saison des pluies (RS). Les médianes (lignes noires à l'intérieur des cases), les écarts interquartiles (largeur des cases représentant les 50 % du milieu des données), les écarts totaux des données (moustaches) et les valeurs aberrantes (points noirs) sont indiqués. Les différentes lettres au-dessus des boîtes à moustaches indiquent les différences entre les villages à $p \leq 0,05$ selon les tests post hoc de Tukey. Source : Feldt et al. (2016).

C) Limites de l'analyse

Il est important de souligner que la violation de l'hypothèse de normalité des résidus suggère que les résultats de l'ANOVA doivent être interprétés avec prudence.

6.6.2 Energie consommée

A) Effet de l'abreuvement

Les résultats de l'ANOVA montrent un effet très significatif de l'abreuvement sur la consommation d'énergie. En effet, les chèvres ayant accès à l'eau consomment de manière significativement plus d'énergie métabolisable que celles qui n'en ont pas. Cela est compatible avec l'étude de Mengistu et al. (2007) qui ont montré une diminution de la consommation des chèvres

mâle éthiopienne les jours de privation d'eau. Ces résultats sont également liés à l'explication de la partie 6.1.1, où une diminution de l'activité générale des chèvres est observée lorsqu'elles ne sont pas abreuvées (Akinmoladun et al., 2019).

Ce phénomène peut aussi être expliqué par les besoins énergétiques accrus associés à l'hydratation. Il est bien connu que l'eau joue un rôle fondamental dans le métabolisme animal, en particulier dans le transport et la digestion des nutriments ("Nutritional Requirements of Goats - Management and Nutrition," 28 Décembre 2024). En ayant accès à de l'eau, les chèvres pourraient être en mesure de mieux gérer leurs fonctions physiologiques et d'assimiler davantage d'énergie des aliments consommés.

B) Interaction entre l'abreuvement et le site

Bien que l'interaction entre l'abreuvement et le site soit proche de la signification, elle ne constitue pas un effet statistiquement significatif au seuil de 5 %. Cela suggère que, bien que l'effet de l'abreuvement sur la consommation d'énergie puisse être modifié par le site, l'interaction n'est pas suffisamment forte pour être considérée comme significative dans ce cas précis.

7 Conclusion

En conclusion, cette étude apporte des réponses cruciales aux enjeux liés à la gestion des ressources naturelles, à la sécurité alimentaire, à la conservation de la biodiversité et à l'adaptation des pratiques agricoles face aux défis environnementaux. En étudiant la relation complexe entre les chèvres et leur environnement, elle met en lumière l'importance de la diversité végétale et de la qualité nutritionnelle des plantes disponibles, ainsi que l'influence des saisons et des caractéristiques locales sur les comportements alimentaires des animaux.

D'une part, les résultats offrent des perspectives significatives pour une gestion durable des parcours naturels, en identifiant les familles végétales fréquemment consommées et en soulignant les stratégies pour maintenir ou améliorer la disponibilité des ressources, notamment en saison sèche. D'autre part, cette étude ouvre des voies intéressantes pour améliorer la gestion alimentaire des chèvres et, par extension, l'efficacité des pratiques pastorales, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire des communautés locales et au bien-être animal.

Enfin, en intégrant ces éléments dans une approche globale, cette recherche met en avant l'importance d'une gestion des pâturages qui soit à la fois respectueuse de l'environnement et adaptée aux besoins socio-économiques des populations locales. A partir de ce document, de nouvelles pistes peuvent être établies pour développer des stratégies agricoles durables, capables de concilier la préservation des écosystèmes et le soutien aux activités agricoles locales, avec un impact direct sur la résilience des systèmes alimentaires humains face aux changements environnementaux.

8 Contributions personnelles

Dans le cadre de ce travail, j'ai été impliqué dans diverses étapes du projet. J'ai d'abord pris en charge la préparation du voyage. En collaboration avec Mbolatiana Ranaivoharivelo, j'ai participé à la mise en place du protocole expérimental, en adaptant les méthodes aux conditions locales. Sur le terrain, j'ai activement suivi les chèvres, installé les quadrats et collecté des données écologiques. J'ai également contribué aux activités de laboratoire, notamment la préparation des échantillons et l'analyse des données. Une autre de mes tâches a été de réécouter les enregistrements de terrain pour assurer la précision des informations collectées. J'ai organisé les données dans un fichier Excel structuré, facilitant leur traitement, avant d'effectuer l'analyse des résultats et à la rédaction du rapport final.

9 Bibliographie

A

Agreil C. & Meuret M., 2004. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. *Small Ruminant Research* **54**(1), 99–113, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2003.10.013](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.013).

Akinmoladun O.F., Muchenje V., Fon F.N. & Mpendulo C.T., 2019. Small Ruminants: Farmers' Hope in a World Threatened by Water Scarcity. *Animals (Basel)* **9**(7), 456, DOI:[10.3390/ani9070456](https://doi.org/10.3390/ani9070456).

Alam M., Hashem M.A., Rahman M., Hossain M., Haque M., Sobhan Z. & Islam M., 2013. Effect of Heat Stress on Behavior, Physiological and Blood Parameters of Goat. *Progressive Agriculture* **22**, DOI:[10.3329/pa.v22i1-2.16465](https://doi.org/10.3329/pa.v22i1-2.16465).

Alary V., Corniaux C. & Gautier D., 2011. Livestock's Contribution to Poverty Alleviation: How to Measure It? *World Development* **39**(9), 1638–1648, DOI:[10.1016/j.worlddev.2011.02.008](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.02.008).

Ammar H., López S., González J.S. & Ranilla M.J., 2004. Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species. *Animal Feed Science and Technology* **115**(3), 327–340, DOI:[10.1016/j.anifeedsci.2004.03.003](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.03.003).

Angassa A. & Oba G., 2010. Effects of grazing pressure, age of enclosures and seasonality on bush cover dynamics and vegetation composition in southern Ethiopia. *Journal of Arid Environments* **74**(1), 111–120, DOI:[10.1016/j.jaridenv.2009.07.015](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.07.015).

Animut G., Goetsch A.L., Aiken G.E., Puchala R., Detweiler G., Krehbiel C.R., Merkel R.C., Sahl T., Dawson L.J., Johnson Z.B. & Gipson T.A., 2005. Performance and forage selectivity of sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research*, Special Issue: Methodology nutrition and products quality in grazing sheep and goats **59**(2), 203–215, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2005.05.015](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.015).

Arnold J.E.M., Köhlin G. & Persson R., 2006. Woodfuels, livelihoods, and policy interventions: Changing Perspectives. *World Development* **34**(3), 596–611, DOI:[10.1016/j.worlddev.2005.08.008](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.08.008).

B

Bailey D., Gross J., Laca E., Rittenhouse L., Coughenour M., Swift D. & Sims P., 1996. Mechanisms That Result in Large Herbivore Grazing Distribution Patterns. *Journal of Range Management* **49**, 386–400, DOI:[10.2307/4002919](https://doi.org/10.2307/4002919).

Barimalala R., Desbiolles F., Blamey R.C. & Reason C., 2018. Madagascar Influence on the South Indian Ocean Convergence Zone, the Mozambique Channel Trough and Southern African Rainfall. *Geophysical Research Letters* **45**(20), 11,380–11,389, DOI:[10.1029/2018GL079964](https://doi.org/10.1029/2018GL079964).

- Barimalala R., Raholijao N., Pokam W. & Reason C.J.C., 2021. Potential impacts of 1.5 °C, 2 °C global warming levels on temperature and rainfall over Madagascar. *Environ. Res. Lett.* **16**(4), 044019, DOI:[10.1088/1748-9326/abeb34](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abeb34).
- Barroso F.G., Alados C.L. & Boza J., 1995. Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *Journal of Arid Environments* **31**(2), 205–217, DOI:[10.1006/jare.1995.0061](https://doi.org/10.1006/jare.1995.0061).
- Barroso F.G., Alados C.L. & Boza J., 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science* **69**(1), 35–53, DOI:[10.1016/S0168-1591\(00\)00113-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00113-1).
- Berman T., Ben-Ari M., Glasser T., Gish M. & Inbar M., 2017. How goats avoid ingesting noxious insects while feeding. *Scientific Reports* **7**, DOI:[10.1038/s41598-017-14940-6](https://doi.org/10.1038/s41598-017-14940-6).
- Birnin-Yauri U.A., Yahaya Y., Bagudo B.U. & Noma S.S., n.d. Seasonal variation in nutrient content of some selected vegetables from Wamakko, Sokoto State, Nigeria.
- Blanc-Pamard C., Milleville P., Grouzis M., Lasry F. & Razanaka S., 2005. Une alliance de disciplines sur une question environnementale : la déforestation en forêt des Mikea (Sud-Ouest de Madagascar). *Natures Sciences Sociétés* **13**(1), 7–20.
- Bond W.J. & Keeley J.E., 2005. Fire as a global ‘herbivore’: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* **20**(7), 387–394, DOI:[10.1016/j.tree.2005.04.025](https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025).
- Bonnet O., Meuret M., Tischler M., Cezimbra I., Azambuja J. & De Faccio Carvalho P., 2015. Continuous bite monitoring: A method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. *Animal Production Science* **55**, 339–349, DOI:[10.1071/AN14540](https://doi.org/10.1071/AN14540).
- Borgerson C., Johnson S., Underwood E., Brown K., Narváez-Torres P., Rasolofoniaina B., Razafindrapaoly B., Merson S., Thompson K., Holmes S., Louis E. & Golden C., 2022. A National-Level Assessment of Lemur Hunting Pressure in Madagascar. *International Journal of Primatology* **43**, DOI:[10.1007/s10764-021-00215-5](https://doi.org/10.1007/s10764-021-00215-5).
- Bormann F.H., 1953. The Statistical Efficiency of Sample Plot Size and Shape in Forest Ecology. *Ecology* **34**(3), 474–487, DOI:[10.2307/1929720](https://doi.org/10.2307/1929720).
- BouSSION J., 2024. Pastoralisme, un système extensif pour les éleveurs. <https://www.feve.co/guides-pratiques/pastoralisme>, (28/10/2024).
- Braghieri A., Pacelli C., Girolami A. & Napolitano F., 2011. Time budget, social and ingestive behaviours expressed by native beef cows in Mediterranean conditions. *Livestock Science* **141**(1), 47–52, DOI:[10.1016/j.livsci.2011.05.001](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.001).
- Brinkmann K., Noromiarilanto F., Ratovonamana R.Y. & Buerkert A., 2014. Deforestation processes in south-western Madagascar over the past 40 years: what can we learn from settlement characteristics? *Agriculture, Ecosystems & Environment* **195**, 231–243, DOI:[10.1016/j.agee.2014.06.008](https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.06.008).

Burgess N., Hales J., Underwood E., Dinerstein E., Olson D., Itoua I., Schipper J., Rickketts T. & Newman K., 2004. Terrestrial eco-regions of africa and Madagascar: A conservation assessment. *World Wildlife Fund (United States)* **23**.

C

Camberlin P., Martiny N., Philippon N. & Richard Y., 2007. Determinants of the interannual relationships between remote sensed photosynthetic activity and rainfall in tropical Africa. *Remote Sensing of Environment* **106**(2), 199–216, DOI:[10.1016/j.rse.2006.08.009](https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.08.009).

Casse T., Milhøj A., Ranaivoson S. & Romuald Randriamanarivo J., 2004. Causes of deforestation in southwestern Madagascar: what do we know? *Forest Policy and Economics* **6**(1), 33–48, DOI:[10.1016/S1389-9341\(02\)00084-9](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(02)00084-9).

Cellier M., Duvaux-Ponter C. & Nielsen B.L., 2021. Inter- and intra-individual variability of feeding behaviour in group housed dairy goats. *Applied Animal Behaviour Science* **234**, 105167, DOI:[10.1016/j.applanim.2020.105167](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105167).

Chassier M., Mosnier F., Rupp R., Bluet B., Bailly-Salins A. & Palhière I., 2022. 62. Genetics parameters of feed efficiency in dairy goats, under commercial conditions. In: *Proceedings of 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP)*. Presented at the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production Rotterdam, the Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 296–299.

Chebli Y., El Otmani S., Chentouf M., Hornick J.-L., Bindelle J. & Cabaraux J.-F., 2020. Foraging Behavior of Goats Browsing in Southern Mediterranean Forest Rangeland. *Animals (Basel)* **10**(2), 196, DOI:[10.3390/ani10020196](https://doi.org/10.3390/ani10020196).

Chebli Y., El Otmani S., Hornick J.-L., Keli A., Bindelle J., Cabaraux J.-F. & Chentouf M., 2022. Forage Availability and Quality, and Feeding Behaviour of Indigenous Goats Grazing in a Mediterranean Silvopastoral System. *Ruminants* **2**(1), 74–89, DOI:[10.3390/ruminants2010004](https://doi.org/10.3390/ruminants2010004).

Cooke A.S., Mvula W., Nalivata P., Ventura-Cordero J., Gwiriri L.C., Takahashi T., Morgan E.R., Lee M.R.F. & Safalaoh A., 2023. Nutritional characterisation and seasonal variation of goat forages in Central Malawi.

Coop R.L. & Holmes P.H., 1996. Nutrition and parasite interaction. *International Journal for Parasitology, Novel Approaches to the Control of Helminth Parasites of Livestock* **26**(8), 951–962, DOI:[10.1016/S0020-7519\(96\)80070-1](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(96)80070-1).

Coppola E., Raffaele F., Giorgi F., Giuliani G., Xuejie G., Ciarlo J.M., Sines T.R., Torres-Alavez J.A., Das S., di Sante F., Pichelli E., Glazer R., Müller S.K., Abba Omar S., Ashfaq M., Bukovsky M., Im E.-S., Jacob D., Teichmann C., Remedio A., Remke T., Kriegsmann A., Bülow K., Weber T., Buntmeyer L., Sieck K. & Rechid D., 2021. Climate hazard indices projections based on

CORDEX-CORE, CMIP5 and CMIP6 ensemble. *Clim Dyn* **57**(5), 1293–1383, DOI:[10.1007/s00382-021-05640-z](https://doi.org/10.1007/s00382-021-05640-z).

D

Denoyelle L., de Villemereuil P., Boyer F., Khelifi M., Gaffet C., Alberto F., Benjelloun B. & Pompanon F., 2021. Genetic Variations and Differential DNA Methylation to Face Contrasted Climates in Small Ruminants: An Analysis on Traditionally-Managed Sheep and Goats. *Front. Genet.* **12**, DOI:[10.3389/fgene.2021.745284](https://doi.org/10.3389/fgene.2021.745284).

Diet Selection of Grazing Animals | Rangelands Gateway, November-27-2024. .
<https://rangelandsgateway.org/topics/uses-range-pastureland/diet-selection-grazing-animals>,
(27/11/2024).

Distel R.A. & Villalba J.J., 2018. Use of Unpalatable Forages by Ruminants: The Influence of Experience with the Biophysical and Social Environment. *Animals* **8**(4), 56, DOI:[10.3390/ani8040056](https://doi.org/10.3390/ani8040056).

Dong S., 2016. Overview: Pastoralism in the World. In: Dong, S., Kassam, K.-A.S., Tourrand, J.F., Boone, R.B. eds. *Building Resilience of Human-Natural Systems of Pastoralism in the Developing World: Interdisciplinary Perspectives*. Cham: Springer International Publishing, 1–37.

Dosio A., Jones R.G., Jack C., Lennard C., Nikulin G. & Hewitson B., 2019. What can we know about future precipitation in Africa? Robustness, significance and added value of projections from a large ensemble of regional climate models. *Clim Dyn* **53**(9), 5833–5858, DOI:[10.1007/s00382-019-04900-3](https://doi.org/10.1007/s00382-019-04900-3).

Dupré L., Lasseur J. & Pocard-Chapuis R., 2015. Faire pâturer, Faire société, durablement. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques* (63), 202–231, DOI:[10.4000/tc.7492](https://doi.org/10.4000/tc.7492).

Durham A. & Kothmann M.M., 1977. Forage Availability and Cattle Diets on the Texas Coastal Prairie. *Journal of Range Management* **30**, 103, DOI:[10.2307/3897747](https://doi.org/10.2307/3897747).

F

Faisca L.D., Peres M.T.P., Fernandes S.R., Bonnet O.J.F., Batista R., Deiss L. & Monteiro A.L.G., 2023. A new insight about the selection and intake of forage by ewes and lambs in different production systems on pasture. *Small Ruminant Research* **221**, 106949, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2023.106949](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.106949).

Favreau-Peigné A., Baumont R. & Ginane C., 2013. Les rôles des caractéristiques sensorielles des aliments dans le comportement alimentaire des ruminants domestiques. *INRA Prod. Anim.* **26**(1), 25–34, DOI:[10.20870/productions-animales.2013.26.1.3132](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.1.3132).

Feldt T., Antsonantenainarivony O. & Schlecht E., 2017. Feed selection on dry rangelands in southwestern Madagascar: Implications for ruminant nutrition in view of ecological and social challenge. *Journal of Arid Environments* **144**, 81–90, DOI:[10.1016/j.jaridenv.2017.03.009](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.03.009).

Frutos P., Hervás G., Giráldez F. & Mantecón A., 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research* **2**, DOI:[10.5424/sjar/2004022-73](https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73).

Fuller A., Mitchell D., Maloney S. & Hetem R., 2016. Towards a mechanistic understanding of the responses of large terrestrial mammals to heat and aridity associated with climate change. *Climate Change Responses* **3**, DOI:[10.1186/s40665-016-0024-1](https://doi.org/10.1186/s40665-016-0024-1).

G

García-González R. & Cuartas P., 1989. A comparison of the diets of the wild goat (*Capra pyrenaica*), domestic goat (*Capra hircus*), mouflon (*Ovis musimon*) and domestic sheep (*Ovis aries*) in the Cazorla mountain range **9**, 123–132.

Gaspard D.T., Venegas-González A., Beeckman H., Randriamalala J.R., Tomazello-Filho M., De Ridder M. & Ramanantoandro T., 2018. Tree ring responses to climate variability of xerophytic thickets from South Soalara, Madagascar. *Dendrochronologia* **49**, 57–67, DOI:[10.1016/j.dendro.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.02.003).

Gay-des-Combes J.M., Robroek B.J.M., Hervé D., Guillaume T., Pistocchi C., Mills R.T.E. & Buttler A., 2017. Slash-and-burn agriculture and tropical cyclone activity in Madagascar: Implication for soil fertility dynamics and corn performance. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **239**, 207–218, DOI:[10.1016/j.agee.2017.01.010](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.010).

Giger-Reverdin S. & Sauvant D., 2016. Study of the between-goat variation in feed efficiency with a high-concentrate diet (115).

Gish M., Ben-Ari M. & Inbar M., 2017. Direct consumptive interactions between mammalian herbivores and plant-dwelling invertebrates: prevalence, significance, and prospectus. *Oecologia* **183**(2), 347–352, DOI:[10.1007/s00442-016-3775-2](https://doi.org/10.1007/s00442-016-3775-2).

Goetsch A.L., Gipson T.A., Askar A.R. & Puchala R., 2010. Invited review: Feeding behavior of goats^{1,2}. *Journal of Animal Science* **88**(1), 361–373, DOI:[10.2527/jas.2009-2332](https://doi.org/10.2527/jas.2009-2332).

Goetter J., 2016. The Cattle Raiders Leave us no Choice: New Transhumance in the Mahafaly Plateau Region in Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* **11**, DOI:[10.4314/mcd.v11i1.3](https://doi.org/10.4314/mcd.v11i1.3).

Gomes L.C., n.d. An approach for assessing the ecological intensification of livestock systems.

Gong Y., Hodgson J., Lambert M., Chu A.C. & Gordon I., 2024. Comparison of Bite Weight and Bite Dimensions of Sheep and Goats Grazing a Range of Grasses and Clovers. *IGC Proceedings (1993-2023)*.

González-Pech P.G., Torres-Acosta J.F. de J., Sandoval-Castro C.A. & Tun-Garrido J., 2015. Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently. *Small Ruminant Research* **133**, 128–134, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2015.08.020](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.020).

González-Pech P.G., Ventura-Cordero J., Torres-Fajardo R.A., Jaimez-Rodríguez P.R., Torres-Acosta J.F. de J. & Sandoval-Castro C.A., 2021. Comparing the browsing behavior of inexperienced kids *versus* adult goats on heterogeneous vegetation. *Applied Animal Behaviour Science* **236**, 105240, DOI:[10.1016/j.applanim.2021.105240](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105240).

Gordon I.J., Illius A.W. & Milne J.D., 1996. Sources of Variation in the Foraging Efficiency of Grazing Ruminants. *Functional Ecology* **10**(2), 219, DOI:[10.2307/2389846](https://doi.org/10.2307/2389846).

Guèye E.F., 2016. *Impact de la pluviométrie sur la production de biomasse herbagère en milieu sahélien - un cas en Région de Matam, Nord du Sénégal*.

Gupta M., Kumar S., Dangi S.S. & Jangir B.L., 2013. Physiological, Biochemical and Molecular Responses to Thermal Stress in Goats. *International Journal of Livestock Research* **2**, 27, DOI:[10.5455/ijlr.20130502081121](https://doi.org/10.5455/ijlr.20130502081121).

H

Hadjigeorgiou I.E., Gordon I.J. & Milne J.A., 2003. Comparative preference by sheep and goats for *Graminaeae* forages varying in chemical composition. *Small Ruminant Research* **49**(2), 147–156, DOI:[10.1016/S0921-4488\(03\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00094-4).

Halls L.K., 1954. The Approximation of Cattle Diet through Herbage Sampling. *Journal of Range Management* **7**(6), 269, DOI:[10.2307/3893931](https://doi.org/10.2307/3893931).

Hänke H., 2016. Livelihoods on the edge: farming household income, food security and resilience in southwestern Madagascar.

Harrington L.J., Wolski P., Pinto I., Ramarosandratana A.M., Barimalala R., Vautard R., Philip S., Kew S., Singh R., Heinrich D., Arrighi J., Raju E., Thalheimer L., van Aalst M., Li S., Bonnet R., Yang W., Otto F.E.L. & van Oldenborgh G.J., n.d. Attribution of severe low rainfall in southern Madagascar, 2019-2.

Hc V., Snyman H.A., Rensburg W. & Potgieter J., 2001. The quantification of grazing capacity from grazing - And production values for forage species in semi-arid grasslands of southern Africa. *African Journal of Range and Forage Science* **18**, DOI:[10.2989/10220110109485754](https://doi.org/10.2989/10220110109485754).

Hiernaux P., Diawara M.O., Kergoat L. & Mougin É., 2015. Chapitre 8. La contrainte fourragère des élevages pastoraux et agropastoraux du Sahel : Adaptations et perspectives. *In*: Sultan, B., Lalou, R., Amadou Sanni, M., Oumarou, A., Soumaré, M.A. eds. *Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest*, Synthèses. Marseille: IRD Éditions, 171–191.

Hodgson J., 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society* **44**(2), 339–346, DOI:[10.1079/PNS19850054](https://doi.org/10.1079/PNS19850054).

Hoste H., Sotiraki S., Serge Yan L., Jackson F. & Beveridge I., 2010. Goat-Nematode interactions: Think differently. *Trends in parasitology* **26**, 376–81, DOI:[10.1016/j.pt.2010.04.007](https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.04.007).

Jensen D.D., 1961. Operationism and the Question “Is This Behavior Learned or Innate?” *Behav* **17**(1), 1–8, DOI:[10.1163/156853961X00321](https://doi.org/10.1163/156853961X00321).

Hoy S.R., Vucetich J.A., Liu R., DeAngelis D.L., Peterson R.O., Vucetich L.M. & Henderson J.J., 2019. Negative frequency-dependent foraging behaviour in a generalist herbivore (*Alces alces*) and its stabilizing influence on food web dynamics. *J Anim Ecol* **88**(9), 1291–1304, DOI:[10.1111/1365-2656.13031](https://doi.org/10.1111/1365-2656.13031).

Huang J. & Boerner R.E.J., 2007. Effects of fire alone or combined with thinning on tissue nutrient concentrations and nutrient resorption in *Desmodium nudiflorum*. *Oecologia* **153**(2), 233–243, DOI:[10.1007/s00442-007-0733-z](https://doi.org/10.1007/s00442-007-0733-z).

J

Johnson P.L., Hickey S., Knowler K., Wing J., Bryson B., Hall M., Jonker A., Janssen P.H., Dodds K.G., McEwan J.C. & Rowe S.J., 2022. Genetic parameters for residual feed intake, methane emissions, and body composition in New Zealand maternal sheep. *Front. Genet.* **13**, DOI:[10.3389/fgene.2022.911639](https://doi.org/10.3389/fgene.2022.911639).

K

Kababya D., Perevolotsky A., Bruckental I. & Landau S., 1998a. Selection of diets by dual-purpose Mamber goats in Mediterranean woodland. *The Journal of Agricultural Science* **131**(2), 221–228, DOI:[10.1017/S0021859698005577](https://doi.org/10.1017/S0021859698005577).

Kababya D., Perevolotsky A., Bruckental I. & Landau S., 1998b. Selection of diets by dual-purpose Mamber goats in Mediterranean woodland. *The Journal of Agricultural Science* **131**(2), 221–228, DOI:[10.1017/S0021859698005577](https://doi.org/10.1017/S0021859698005577).

Kitzberger T., Raffaele E., Heinemann K. & Mazzarino M.J., 2005. Effects of fire severity in a north Patagonian subalpine forest. *Journal of Vegetation Science* **16**(1), 5–12, DOI:[10.1111/j.1654-1103.2005.tb02333.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02333.x).

Kokou K., Nuto Y. & Atsri H., 2009. Impact of charcoal production on woody plant species in West Africa: A case study in Togo. *Scientific Research and Essays* **4**.

Kull C., 2007. Isle of Fire: The Political Ecology of Landscape Burning in Madagascar. *Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press* DOI:[10.1659/0276-4741\(2007\)27\[92:IOFTPE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2007)27[92:IOFTPE]2.0.CO;2).

Kyriazakis I., Tolkamp B.J. & Hutchings M.R., 1998. Towards a functional explanation for the occurrence of anorexia during parasitic infections. *Animal Behaviour* **56**(2), 265–274, DOI:[10.1006/anbe.1998.0761](https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0761).

L

Lim Kam Sian K.T.C., Wang J., Ayugi B.O., Nooni I.K. & Ongoma V., 2021. Multi-Decadal Variability and Future Changes in Precipitation over Southern Africa. *Atmosphere* **12**(6), 742, DOI:[10.3390/atmos12060742](https://doi.org/10.3390/atmos12060742).

Lu Y., Zhang B., Zhang M., Jie M., Guo S. & Wang Y., 2023. Relict Plants Are Better Able to Adapt to Climate Change: Evidence from Desert Shrub Communities. *Plants* **12**(23), 4065, DOI:[10.3390/plants12234065](https://doi.org/10.3390/plants12234065).

Luo J., Goetsch A.L., Nsahlai I.V., Moore J.E., Galyean M.L., Johnson Z.B., Sahlu T., Ferrell C.L. & Owens F.N., 2004. Voluntary feed intake by lactating, Angora, growing and mature goats. *Small Ruminant Research, Nutritional Requirements of Goats* **53**(3), 357–378, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2004.04.002](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.04.002).

M

Malagasy Dictionary and Encyclopedia : hazonosy, December-16-2024. . <https://malagasyword.org/bins/teny2/hazonosy>, (16/12/2024).

Maminiana O.F., Raliniaina M., Rahaga N., Arsène M., Ralambomanana N., Razafinarivo D.T. & Rapatsalahy S., n.d. Formation sur l'élevage caprin dans le sud de Madagascar.

Mancilla-Leytón J.M., Parejo Farnés C. & Martín Vicente A., 2012. Selection of browse species and energy balance of goats grazing on forest understory vegetation in Doñana Natural Park (SW Spain). *Livestock Science* **148**(3), 237–242, DOI:[10.1016/j.livsci.2012.06.012](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.06.012).

Manousidis T., Kyriazopoulos A.P., Parissi Z.M., Abraham E.M., Korakis G. & Abas Z., 2016b. Grazing behavior, forage selection and diet composition of goats in a Mediterranean woody rangeland. *Small Ruminant Research* **145**, 142–153, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2016.11.007](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.11.007).

Mengistu U., Dahlborn K. & Olsson K., 2007. Effects of intermittent watering on water balance and feed intake in male Ethiopian Somali goats. *Small Ruminant Research* **67**(1), 45–54, DOI:[10.1016/j.smallrumres.2005.09.026](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.026).

Messu, 2005. Michel Messu, La pauvreté cachée. Une analyse bachelardienne de la pauvreté. *Sociologie du travail* **47**(4), 562–564, DOI:[10.4000/sdt.27462](https://doi.org/10.4000/sdt.27462).

Météo et climat : Soalara (Madagascar) - Quand partir à Soalara ?, November-27-2024. . *Le planificateur de voyages*. <https://planificateur.a-contresens.net/afrique/madagascar/mg-06/soalara/1056483.html>, (27/11/2024).

Meuret M., Bartiaux-Thill N., Bourbouze A., Rosenberger S., Vernerey M., Sourbier Y., Ninane V., Trojan M., Trojan M., Rouchy N. & André J.-F., 1985. Evaluation de la consommation d'un troupeau de chèvres laitières sur parcours forestier — Méthode d'observation directe des coups de dents — Méthode du marqueur oxyde de chrome. *Annales de Zootechnie* **34**, 159–180, DOI:[10.1051/animres:19850203](https://doi.org/10.1051/animres:19850203).

Min B.R. & Solaiman S., 2015. Prediction of Feed Intake and Its Relationships with Chemical Composition of Diets in Goats Consuming Concentrate, Bahiagrass Pasture and Mimosa Browse. *Open Journal of Animal Sciences* **5**(3), 283–293, DOI:[10.4236/ojas.2015.53033](https://doi.org/10.4236/ojas.2015.53033).

Mondragón-Botero A., Riera B., Rasamimanana H., Razafindrakoto S., Warme E. & Powers J.S., 2024. Structural and compositional differences in gallery and spiny forests of Southern Madagascar: Implications for conservation of lemur and tree species. *PLOS ONE* **19**(8), e0307907, DOI:[10.1371/journal.pone.0307907](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307907).

Murphy S.M., Vidal M.C., Smith T.P., Hallagan C.J., Broder E.D., Rowland D. & Cepero L.C., 2018. Forest Fire Severity Affects Host Plant Quality and Insect Herbivore Damage. *Front. Ecol. Evol.* **6**, DOI:[10.3389/fevo.2018.00135](https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00135).

Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kent J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**(6772), 853–858, DOI:[10.1038/35002501](https://doi.org/10.1038/35002501).

N

Nutritional Requirements of Goats - Management and Nutrition, December-28-2024. . *Merck Veterinary Manual*. <https://www.merckvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-goats/nutritional-requirements-of-goats>, (28/12/2024).

O

Oliveras I. & Malhi Y., 2016. Many shades of green: the dynamic tropical forest–savannah transition zones. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **371**(1703), 20150308, DOI:[10.1098/rstb.2015.0308](https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0308).

Olson D. & Dinerstein E., 1998. The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Most Biologically Valuable Ecoregions. *Conservation Biology* **12**, 502–515, DOI:[10.1046/j.1523-1739.1998.012003502.x](https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.012003502.x).

Ortíz-Domínguez G.A., Marin-Tun C.G., Torres-Fajardo R.A., González-Pech P.G., Capetillo-Leal C.M., Torres-Acosta J.F. de J., Ventura-Cordero J. & Sandoval-Castro C.A., 2022. Selection of Forage Resources by Juvenile Goats in a Cafeteria Trial: Effect of Browsing Experience, Nutrient and Secondary Compound Content. *Animals* **12**(10), 1317, DOI:[10.3390/ani12101317](https://doi.org/10.3390/ani12101317).

P

Pascual-Alonso M., María G.A., Sepúlveda W.S., Villarroel M., Aguayo-Ulloa L., Galindo F. & Miranda-de la Lama G.C., 2013. Identity profiles based on social strategies, morphology, physiology, and cognitive abilities in goats. *Journal of Veterinary Behavior* **8**(6), 458–465, DOI:[10.1016/j.jveb.2013.05.003](https://doi.org/10.1016/j.jveb.2013.05.003).

Pedroso Junior N., Adams C. & Murrieta R., 2009. Slash-and-Burn Agriculture: A System in Transformation. 12–34.

Pelling M. & Uitto J.I., 2001. Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards* **3**(2), 49–62, DOI:[10.1016/S1464-2867\(01\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S1464-2867(01)00018-3).

Perevolotsky A., Landau S., Kababia D. & Ungar E.D., 1998. Diet selection in dairy goats grazing woody Mediterranean rangeland. *Applied Animal Behaviour Science* **57**(1), 117–131, DOI:[10.1016/S0168-1591\(97\)00120-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00120-2).

Politiques nationales ayant une incidence sur les incendies de forêt en Afrique, December-20-2024. . https://www.fao.org/4/x2095f/x2095f0g.htm?utm_source=chatgpt.com, (20/12/2024).

Pretorius P.S., 1970. Effect of aggressive behaviour on production and reproduction in the Angora goat (*Capra hircus angoraensis*). *Agroanimalia* **2**(4), 161–164, DOI:[10.10520/AJA03027104_530](https://doi.org/10.10520/AJA03027104_530).

R

Randriamalala J., Andrianarisoa J., Rabeniala R., Ramananantoandro T. & Hervé D., 2018. Elevage caprin, une alternative pour conserver les fourrés xérophiles du Sud-Ouest malagasy **34**.

Randriamalala J.R. & Hervé D., 2022. Goat Breeding: A Possible Sustainable Way to Manage Xerophytic Thickets in Southwestern Madagascar. *Land* **11**(3), 405, DOI:[10.3390/land11030405](https://doi.org/10.3390/land11030405).

Randriamalala J.R., Radosy H.O., Ramanakoto M., Razafindrahanta H., Ravoninjatovo J.-M., Haingomanantsoa R.S. & Ramananantoandro T., 2022. Allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs of Malagasy xerophytic thickets. *Journal of Arid Environments* **202**, 104751, DOI:[10.1016/j.jaridenv.2022.104751](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104751).

Randriamalala J.R., Ramananantoandro T., Radosy H.O., Randriambanona H. & Hervé D., 2017. Annual biomass increment of Xerophytic thickets and sustainability of woody charcoal production in southwestern Madagascar. *Forest Ecology and Management* **400**, 139–149, DOI:[10.1016/j.foreco.2017.05.049](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.049).

Randriamalala J.R., Randrianomanana M., Ranaivoson R.E., Rabemananjara Z.H. & Hervé D., 2021. Estimating wood charcoal supply to Toliara town in southwestern Madagascar, a comparison of methods. *Scientific African* **14**, e01011, DOI:[10.1016/j.sciaf.2021.e01011](https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01011).

Raoliarivelo L.I.B., Rabeniala R., Masezamana H.N., Andrianarisoa J.H. & Randriamalala R.J., 2010. Impact de la fabrication de charbon de bois sur la production et la disponibilité fourragère de pâturage en zone subaride, cas de la commune de Soalara-Sud, Toliara II: Rapport final (info:eu-

repo/semantics/report), Raoliarivelo, L. I. B.; Rabeniala, R.; Masezamana, H. N.; Andrianarisoa, J. H.; Randriamalala, R. J. (2010). Impact de la fabrication de charbon de bois sur la production et la disponibilité fourragère de pâturage en zone subaride, cas de la commune de Soalara-Sud, Toliara II: Rapport final Derad; Centre of Development and Environment (CDE), Derad; Centre of Development and Environment (CDE), 61.

Ribot J.C., 1995. The causal structure of vulnerability: Its application to climate impact analysis. *GeoJournal* **35**(2), 119–122, DOI:[10.1007/BF00814058](https://doi.org/10.1007/BF00814058).

Rigden A., Golden C., Chan D. & Huybers P., 2024. Climate change linked to drought in Southern Madagascar. *npj Clim Atmos Sci* **7**(1), 1–9, DOI:[10.1038/s41612-024-00583-8](https://doi.org/10.1038/s41612-024-00583-8).

S

Sankhyan S.K., SHINDEI A.K. & Verma D.L., n.d. Seasonal changes in diet selectivity and grazing behaviour of goats on semi-arid rangeland.

Santpoort R., 2020. The Drivers of Maize Area Expansion in Sub-Saharan Africa. How Policies to Boost Maize Production Overlook the Interests of Smallholder Farmers. *Land* **9**, 68, DOI:[10.3390/land9030068](https://doi.org/10.3390/land9030068).

Scholes R.J. & Archer S.R., 1997. Tree-Grass Interactions in Savannas1. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **28**(Volume 28, 1997), 517–544, DOI:[10.1146/annurev.ecolsys.28.1.517](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.517).

Schwartz H., Engelhardt W., Said N., Hofmann R., Schultka W., Rutagwenda T. & Carles A., 1987. *Adaptive strategies to seasonal changes of forage supply by Small East African Goats and Somali Blackhead Sheep*.

Searle K.R., Hobbs N.T., Wunder B.A. & Shipley L.A., 2006. Preference in patchy landscapes: the influence of scale-specific intake rates and variance in reward. *Behavioral Ecology* **17**(2), 315–323, DOI:[10.1093/beheco/ari030](https://doi.org/10.1093/beheco/ari030).

Sene B., Sarr F., Diouf D., Kane A. & Traore D., 2018. Étude de la composition minérale et des teneurs en protéines et en matières grasses de huit variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) introduites au Sénégal pour un criblage variétal. *OCL* **25**(6), A601, DOI:[10.1051/ocl/2018045](https://doi.org/10.1051/ocl/2018045).

Shi L., Han L., Yang F. & Gao L., 2019. The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects. *Sustainability* **11**(24), 7158, DOI:[10.3390/su11247158](https://doi.org/10.3390/su11247158).

Shmida A., 1984. WHITTAKER'S PLANT DIVERSITY SAMPLING METHOD. *Israel Journal of Plant Sciences* **33**(1), 41–46, DOI:[10.1080/0021213X.1984.10676984](https://doi.org/10.1080/0021213X.1984.10676984).

Shopland J.M., n.d. Food quality, spatial deployment, and the intensity of feeding interference in yellow baboons (*Papio cynocephalus*).

Stahl A.B. (Ed.), 2005. *African archaeology: a critical introduction*, Blackwell studies in global archaeology, Malden, Mass.: Blackwell Pub, 490.

Stamps J., 1999. Dominance and Territoriality. 1592–1605.

Stears K., Kerley G.I.H. & Shrader A.M., 2014. Group-Living Herbivores Weigh Up Food Availability and Dominance Status when Making Patch-Joining Decisions. *PLOS ONE* **9**(10), e109011, DOI:[10.1371/journal.pone.0109011](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109011).

Stohlgren T., Falkner M. & Schell L., 1995. A Modified-Whittaker nested vegetation sampling method. *Plant Ecology* **117**, 113–121, DOI:[10.1007/BF00045503](https://doi.org/10.1007/BF00045503).

Strydom T., Kraaij T., Grobler B.A. & Cowling R.M., 2022. Canopy plant composition and structure of Cape subtropical dune thicket are predicted by the levels of fire exposure. *PeerJ* **10**, e14310, DOI:[10.7717/peerj.14310](https://doi.org/10.7717/peerj.14310).

Styger E., Rakotondramasy H., Pfeffer M., Fernandes E. & Bates D., 2007. Influence of Slash-and-Burn Farming Practices on Fallow Succession and Land Degradation in the Rainforest Region of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **119**, 257–269, DOI:[10.1016/j.agee.2006.07.012](https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.012).

Sussman R.W. & Rakotozafy A., 1994. Plant Diversity and Structural Analysis of a Tropical Dry Forest in Southwestern Madagascar. *Biotropica* **26**(3), 241–254, DOI:[10.2307/2388845](https://doi.org/10.2307/2388845).

T

Thornton P.K. & Gerber P.J., 2010. Climate change and the growth of the livestock sector in developing countries. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* **15**(2), 169–184, DOI:[10.1007/s11027-009-9210-9](https://doi.org/10.1007/s11027-009-9210-9).

V

Verbruggen W., Schurgers G., Horion S., Ardö J., Bernardino P.N., Cappelaere B., Demarty J., Fensholt R., Kergoat L., Sibret T., Tagesson T. & Verbeeck H., 2021. Contrasting responses of woody and herbaceous vegetation to altered rainfall characteristics in the Sahel. *Biogeosciences* **18**(1), 77–93, DOI:[10.5194/bg-18-77-2021](https://doi.org/10.5194/bg-18-77-2021).

W

Waiblinger S., Boivin X., Pedersen V., Tosi M.-V., Janczak A.M., Visser E.K. & Jones R.B., 2006. Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science* **101**(3), 185–242, DOI:[10.1016/j.applanim.2006.02.001](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.02.001).

Y

Yayneshet T., Eik L.O. & Moe S.R., 2009. Seasonal variations in the chemical composition and dry matter degradability of enclosure forages in the semi-arid region of northern Ethiopia. *Animal Feed Science and Technology* **148**(1), 12–33, DOI:[10.1016/j.anifeedsci.2008.02.003](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.02.003).

Z

Zeder M. & Hesse B., 2000. The Initial Domestication of Goats (*Capra hircus*) in the Zagros Mountains 10,000 Years Ago. *Science (New York, N.Y.)* **287**, 2254–7, DOI:[10.1126/science.287.5461.2254](https://doi.org/10.1126/science.287.5461.2254).

Zobel G., Neave H.W. & Webster J., 2019. Understanding natural behavior to improve dairy goat (*Capra hircus*) management systems. *Translational Animal Science* **3**(1), 212–224, DOI:[10.1093/tas/txy145](https://doi.org/10.1093/tas/txy145).

Zulu L.C. & Richardson R.B., 2013. Charcoal, livelihoods, and poverty reduction: Evidence from sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development, Special Issue on Charcoal* **17**(2), 127–137, DOI:[10.1016/j.esd.2012.07.007](https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.07.007).

10 Annexes

10.1 Site Soalara-Sud

10.1.1 Régime et disponibilité des espèces lors de la fin de la saison sèche du site de Soalara-Sud

Espèce (Nom malgache)	% régime	% disponible
Ahikotroky	0,02	3,39
Ahitrala	0,03	4,21
Ahitsitoto	0,28	18,81
Avoha	0,01	0
Balahazo	0,23	0
Fandefindanitra	3,86	0
Fanony	0,29	0
Fengoky	0,12	0
Filatatao	2,51	0
Fivikakanga	0	0
Forimbitika	0,28	0
Fonindravo	0,01	0
Hazomby	0,01	0
Hazonosy	26,96	6,69
Hazonta	0,01	0
Kampaha	0,09	0
Kapaipoty	16,29	0
Kapikala	0,04	0
Kotro	0,07	0
Lahirika	0,11	1,48
Lailelamotro	2,06	41,5
Laro	0,11	0
Langolora	0,68	0
Marosalaza	0,01	0
Mikintsa	0	0,05
Olidaro	6,45	0,05
Pisopiso	0,01	0
Rodrosty	0,11	1,49
Rohy	0,11	13,55

Sakoa	0,17	0
Samanta	3,42	0
Sanga (fl)	0,54	0
Sanganakoholahy	2,44	2,63
Sanganakoholahy (fl)	0,05	0
Sasavy	5,91	4,07
Sitsitry	0,19	0
Tsokambositra	3,11	2,08
Voankapaipoty	2,36	0
Voankazonosy	19,53	0
Volofoty	1,41	0
Vongo	0,05	0

10.1.2 Classification des espèces de la fin de la saison sèche du site de Soalara-Sud

Espèce (Nom malgache)	Famille botanique	Nom scientifique
Ahikotroky	Poaceae	<i>Panicum sp</i>
Ahitralla	Poaceae	<i>Lepturus sp</i>
Ahitsitoto	Poaceae	<i>Panicum luridum</i>
Avoha	Fabaceae	<i>Alantsilodendron humbertii</i>
Balahazo	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>
Fandefindanitra	Poaceae	
Fanony	Bignoniaceae	<i>Stereospermum euphorioides</i>
Fengoky	Fabaceae	<i>Delonix decaryi</i>
Filatatao	Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum madagascariensis</i>
Fivikakanga	Didieraceae	<i>Diospiros manampatsea</i>
Forimbitika	Lamiaceae	<i>Karomia microphylla</i>
Fonindravo	Celastraceae	<i>Salvadoropsis arenicola</i>
Hazomby	Fabaceae	<i>Indigofera depauperata</i>
Hazonosy	Solanaceae	<i>Solanum sp</i>
Hazontaha	Bignoniaceae	<i>Rhigozum madagascariensis</i>
Kampaha	Malvaceae	<i>Gnewia grevei</i>
Kapaipoty	Gyrocarpaceae	<i>Gyrocarpus americanus</i>

Kapikala		
Kotro	Celastraceae	<i>Gymnosporia leptopus</i>
Lahirika	Malvaceae	<i>Abutilon sp.</i>
Lailelamotro	Convolvulaceae	
Laro	Euphorbiaceae	<i>Euphorbian laro</i>
Langolora	Apocynaceae	<i>Secamone tenuifolia</i>
Marosalaza	Salvadoraceae	
Mikintsa	Phyllantaceae	<i>Phyllantus maderaspatensis</i>
Olidaro	Burseraceae	<i>Commiphora lamii</i>
Pisopiso	Euphorbiaceae	<i>Croton geayi</i>
Rodrosty	Fabaceae	<i>Chadsia sp.</i>
Rohy	Fabaceae	<i>Acacia pennata</i>
Sakoa	Anacardiaceae	<i>Poupartia minor</i>
Samanta	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia stenoclada</i>
Sanganakoholahy	Fabaceae	<i>Chadsia grevei</i>
Sasavy	Salvadoraceae	<i>Salvadora angustifolia</i>
Sitsitry	Acanthaceae	<i>Barleria lupulina Lindl.</i>
Tsokambositra	Acanthaceae	<i>Ruellia sp</i>
Volofoty	Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>
Vongo	Asteraceae	<i>Dicoma incana</i>

10.1 Site Andranohinaly

10.2.1 Régime et disponibilité des espèces lors de la fin de la saison sèche du site de Andranohinaly

Espèce	% régime	% disponible
Ahipoly	0,22	0
Ahikotroky	0,01	0
Ahitronga	6,06	47,87
Ahitsitoto	0,66	1,07
Andrasiky	4,24	1,27
Andranahaky	0,05	0
Avoha	0	0
Balahazo	0,1	0
Beley	0,02	0

Biry mena	0,02	0
Entinenty	29,13	4,54
Engitsy	0,28	0,13
Hangamaha	1,11	3,35
Hazofoty	0,14	0
Hazombalala	0,41	0
Hento	0	0
Jean robert	0,01	0
Karimbula	0,06	0
Kasiha	0,88	0
Katrafay	4,5	1,21
Kidresy	0,06	0
Kifafa	0,09	0
Kily	1,09	0
Kimenamena	0,12	2,02
Kirehareha	0,23	0
Kompitse	0,19	0
Lafikena	0,19	0,37
Lahirika	0,12	0
Lailelamotro	0,6	2,54
Lalilalimboamanga	8,59	0
Lamonty	0,92	0
Lelaomby	0,04	0
Lovainafo	0,02	0,64
Lojy	2,42	0
Malida	1,37	0
Manga	0,21	0
Rehareha	0	0
Roipitika	0,54	0
Sakoa komoka	0,07	0
Sakoa	0,04	0
Sanira	0,43	0
Sarilamonto	1,72	0
Somotroy	0,01	0,01
Sosa	0,01	0
Sely	0,03	0

Tainakoho	0,06	0
Tamboromantsy	2,8	4,81
Tamenaka	5,36	0
Tamonto	0,32	0
Taritarika	0,39	0
Timbatsy	2,86	0,84
Tamboro	0,32	1,34
Totonga	0,04	0,01
Tsibolitika	0,68	5,16
Tsinefo	0,38	0
Tsingilofilo	0,04	0
Tsipaty	0,01	0
Tsompia	0,85	0
Vahivahy	2,11	0
Velay	0,21	0
Voapiky	0,03	0
Voloboka	12,78	22,82
Volofoty	0,74	0
Voniloha	0,05	0
Voankasiha	2,22	0
Voantsinefo	0,77	0

10.1.2 Classification des espèces de la fin de la saison sèche du site de Andranohinaly

Espèce (Nom malgache)	Famille botanique	Nom scientifique
Ahipoly	Poaceae	<i>Panicum pseudowoeltzkowii</i>
Ahikotroky	Poaceae	<i>Panicum sp</i>
Ahitronga	Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>
Ahitsitoto	Poaceae	<i>Panicum luridum</i>
Andrasiky	Poaceae	<i>Neyraudia arundinacea</i>
Andranahaky	Poaceae	<i>Commelina madagascariensis</i>
Avoha	Fabaceae	<i>Alantsilodendron humbertii</i>
Balahazo	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>

Beley	Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i>
Biry mena	Fabaceae	<i>Abrus aureus</i>
Entinenty	Combretaceae	<i>Combretum micrantum</i>
Engitsy	Fabaceae	<i>Crotalaria laevigata</i>
Hangamaha	Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>
Hazofoty	Malvaceae	<i>Grewia microcyclea</i>
Hazombalala	Rubiaceae	<i>Coffea grevei</i>
Hento	Apocynaceae	
Jean robert	Euphobiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>
Karimbula	Fabaceae	<i>Baudouinia sp</i>
Kasiha	Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>
Katrafay	Rutaceae	<i>Cedrelopsis grevei</i>
Kidresy	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>
Kifafa	Fabaceae	<i>Indigofera sp</i>
Kily	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i>
Kimenamena	Malvaceae	<i>Corchorus tridens</i>
Kirehareha	Convolvulaceae	<i>Merremia tridentata</i>
Kompitse	Apocynaceae	<i>Pentopetia grevei</i>
Lafikena	Fabaceae	<i>Alantsilodendron mahafalense</i>
Lahirika	Malvaceae	<i>Abutilon sp.</i>
Lailelamotro	Convolvulaceae	
Lalilalimboamanga	Boraginaceae	<i>Heliotropium sp</i>
Lamonty	Flacourtiaceae	<i>Flacourtia ramontchi</i>
Lelaomby	Asteraceae	<i>Brachylaena sp</i>
Lovainafo	Fabaceae	<i>Dicraeopetalum mahafaliense</i>
Lojy	Fabaceae	<i>Vigna sinensis</i>
Malida	Apocynaceae	<i>Roupellina boivinii</i>
Manga	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>
Roipitika	Fabaceae	<i>Acacia sakalava</i>
Sakoa komoka	Anacardiaceae	
Sakoa	Anacardiaceae	<i>Poupartia minor</i>
Sanira	Fabaceae	<i>Bauchinia grandidieri</i>
Sarilamonto	Meliaceae	<i>Turrea sp</i>
Somotroy	Bignoniaceae	<i>Fernandoa madagascariensis</i>
Sosa	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia albida</i>
Sely	Malvaceae	<i>Grewia humblotii</i>

Tainakoho	Lamiaceae	<i>Lantana camara</i>
Tamboromantsy	Rubiaceae	<i>Paederia grandidieri</i>
Tamenaka	Combretaceae	<i>Combretum grandidieri</i>
Tamonto	Malvaceae	<i>Waltheria indica</i>
Taritarika	Apocynaceae	<i>Leptadenia madagascariensis</i>
Timbatsy	Celastraceae	<i>Pristimera bojeri</i>
Tamboro	Rubiaceae	<i>Paederia grevei</i>
Totonga	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia acuminata</i>
Tsibolitika	Boraginaceae	<i>Trichodesma zeylanicum</i>
Tsinefo	Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i>
Tsingilofilo	Celastraceae	<i>Gymnospora linearis</i>
Tsipaty	Solanaceae	<i>Solanum toliarea</i>
Tsompia	Apocynaceae	<i>Pentopetia sp</i>
Vahivahy	Convolvulaceae	
Velay	Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp</i>
Voapiky	Fabaceae	<i>Crotalaria coursii</i>
Voloboka	Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i>
Volofoty	Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>
Voniloha	Asteraceae	<i>Erigeron sp</i>

10.3 Equipes de terrain

