



HAL
open science

Mobiliser les principes de l'agroécologie pour renforcer la durabilité des élevages équins herbagers

Géraldine Fleurance

► **To cite this version:**

Géraldine Fleurance. Mobiliser les principes de l'agroécologie pour renforcer la durabilité des élevages équins herbagers. Sciences du Vivant [q-bio]. Université Clermont Auvergne (UCA), Clermont-Ferrand, FRA., 2022. tel-04750179

HAL Id: tel-04750179

<https://hal.inrae.fr/tel-04750179v1>

Submitted on 23 Oct 2024

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

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

Mémoire présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches
Université Clermont Auvergne
Ecole Doctorale Sciences de la Vie, Santé, Agronomie et Environnement

Géraldine Fleurance

Institut Français du Cheval et de l'Équitation

INRAE Centre de recherches Clermont Auvergne Rhône-Alpes - UMR 1213 Herbivores

Mobiliser les principes de l'agroécologie pour renforcer la durabilité des élevages équin herbagers



Présentation des travaux le 06 octobre 2022, devant le jury composé de :

M. Bertrand Dumont	Directeur de Recherche à INRAE Clermont-Ferrand	Président
Mme Fabienne Blanc	Professeur à VetAgro Sup Clermont-Ferrand	Rapporteur
M. Philippe Jacquet	Professeur à l'ENV de Toulouse	Rapporteur
M. Sylvain Plantureux	Professeur à l'Université de Lorraine (ENSAIA)	Rapporteur
Mme Magali Jouven	Professeur à SupAgro Montpellier	Examineur
M. Gilles Brunshwig	Professeur à VetAgro Sup Clermont-Ferrand	Professeur tuteur
Mme Marion Cressent	Responsable Recherche à l'IFCE le Pin-au-Haras	Membre invitée

REMERCIEMENTS

Au moment de faire le bilan de vingt années de vie professionnelle, mes premières pensées sont pour Patrick DUNCAN qui me forma à la recherche durant ma thèse. Son expertise sur l'écologie alimentaire des herbivores, son enthousiasme communicatif et sa bienveillance ont favorisé le développement de ma curiosité scientifique et ma prise d'autonomie.

Au sein des Haras Nationaux puis à l'IFCE, j'adresse toute ma reconnaissance aux responsables du pôle DIR et du service Recherche : Françoise CLEMENT, Sandie JARRIER et Marion CRESSENT. Merci de m'avoir offert les conditions favorables à la réalisation de mes travaux et de m'accorder votre confiance et votre écoute. A mes collègues scientifiques : nos échanges sur nos diverses thématiques sont toujours riches d'enseignements et sources d'idées nouvelles. Je remercie également mes collègues ingénieurs de développement, Pauline DOLIGEZ, Marie DELERUE et Agata RZEKEC, pour le partage de leur expertise du terrain et pour leur appui indispensable à la vulgarisation des connaissances produites. Bien sûr, la majorité des travaux présentés dans ce mémoire n'auraient pu être conduits sans la contribution du Plateau technique de Chamberet et l'adaptation permanente de son équipe aux besoins expérimentaux.

Pour m'avoir accueillie à l'INRA UMR Herbivores au sein de l'équipe RAPA, je remercie vivement Jean-Baptiste COULON et René BAUMONT. Plus largement, j'adresse ma reconnaissance à l'ensemble des collègues de l'Unité pour leur intérêt vis-à-vis de mes recherches et pour l'environnement scientifique et amical qu'ils m'offrent. Un merci tout particulier à René, Bertrand DUMONT et Anne FARRUGGIA qui se sont impliqués dès le début, et avec enthousiasme, dans l'analyse des interactions entre un herbivore non ruminant et le couvert prairial. Aujourd'hui, c'est principalement avec Bertrand que je construis mon programme scientifique ; la confrontation de nos idées est toujours enrichissante et empreinte de bienveillance, et je le remercie très sincèrement pour son engagement et sa confiance. Merci également à mes collègues de l'équipe COMETE auprès desquels je développe mon expertise sur le fonctionnement des systèmes d'élevage herbagers. J'adresse une pensée particulière à mes doctorants, dont le travail a permis des avancées scientifiques importantes et que j'ai eu plaisir à co-encadrer. Bien sûr, je n'oublie pas les contributions des techniciens et des étudiants de notre Unité aux mesures de terrain et à l'analyse de la composition chimique des couverts.

Les collaborations développées avec des scientifiques de plusieurs disciplines sont autant d'apports indispensables à la réalisation de mon programme de recherches. Aussi, je remercie particulièrement Iain J. GORDON, Hervé FRITZ, Jacques CABARET, Guillaume SALLE, Rémi DELAGARDE, William MARTIN-ROSSET, Geneviève BIGOT et Sylvie CURNUT.

J'adresse ma sincère reconnaissance à Gilles BRUNSCHWIG qui m'a accompagnée au cours de la préparation de cette HDR, ainsi qu'aux rapporteurs et aux membres du jury pour avoir accepté de consacrer une partie de leur temps précieux à l'analyse de mes travaux.

Enfin, je remercie Bruno pour son écoute attentive et son soutien, et nos enfants, sources intarissables de questionnements vis-à-vis du monde qu'elles découvrent.

SOMMAIRE

Introduction	1
Curriculum vitae	2
1. Contexte et objectifs de mes recherches	8
1.1. Principales caractéristiques de la filière équine française	8
1.2. Scénarios d'évolution de la filière à l'horizon 2030 et problématiques associées	12
1.3. Objectifs de mes recherches	15
2. Synthèse de mes travaux	22
2.1. Les déterminants de l'utilisation hétérogène des prairies par les équins	22
2.2. Régulation de l'ingestion journalière des équins au pâturage	31
2.3. Impact du pâturage équin sur la biodiversité des espaces pâturés	42
2.4. Mobiliser la mixité avec les bovins allaitants pour mieux valoriser l'herbe et limiter le recours aux anthelminthiques dans les élevages de chevaux de selle	48
2.5. Bilan de ma trajectoire scientifique	57
2.6. Missions d'intérêt général	59
3. Perspectives	62
3.1. Potentialités offertes par les plantes bioactives vis-à-vis du contrôle des cyathostomes	62
3.2. Impact de la diversité intra-système et de sa gestion sur les performances et la résilience de systèmes herbagers associant équins et bovins	68
Conclusion	75
Liste de mes publications	77
Autres publications citées dans ce mémoire	93

INTRODUCTION

De formation universitaire en biologie des populations et des écosystèmes, ma première expérience de recherche s'est inscrite dans le domaine de la biologie de la conservation. Ainsi, l'étude à laquelle j'ai participé lors de mon stage de maîtrise sous la direction de Pierre Joly, professeur à l'Université Claude Bernard Lyon 1, visait à évaluer l'impact de la restauration de sites au sein de la réserve naturelle du marais fluvial de Lavours (Ain) sur les populations d'amphibiens. L'intérêt que je portais à l'étude du comportement animal aurait pu me conduire, à la suite de ce travail, à mettre en œuvre une approche comportementale pour comprendre comment le paysage est perçu par un amphibien, avant de développer une approche intégrative à l'échelle de paysages réels pour modéliser la connectivité écologique fonctionnelle. Un des attendus d'une telle démarche était de simuler les aires de migration et les processus de dispersion chez différentes espèces d'amphibiens. Mais le marais de Lavours comportait une autre espèce animale qu'il me plaisait d'observer en tant que cavalière: le cheval Camargue, dont le pâturage était utilisé pour maintenir le milieu ouvert et préserver sa biodiversité. Pierre Joly m'a alors parlé des travaux de Patrick Duncan (DR CNRS au Centre d'Etudes Biologiques de Chizé) sur l'écologie alimentaire des chevaux en Camargue avant de me prévenir, quelques semaines plus tard, de sa venue au sein de notre université pour un jury de thèse. Cette première rencontre avec Patrick Duncan et le partage de sa riche expérience scientifique au cours des discussions qui ont suivi ont conforté mon souhait de conduire des recherches sur le comportement alimentaire du cheval au pâturage. J'ai alors rejoint l'équipe « Herbivorie » du CEBC pour mon stage de DEA consacré à l'étude des choix alimentaires et de l'ingestion des chevaux au sein de prairies humides du marais Poitevin. En plus de permettre l'acquisition de références originales sur le prélèvement des chevaux, ce travail contribuait à expliquer les dynamiques de végétation observées par nos collègues botanistes de l'Université de Rennes. J'ai ensuite réalisé une thèse de doctorat pour comprendre pourquoi les chevaux au pâturage maintiennent des zones d'herbe rase au sein d'une matrice d'herbes hautes contaminées par leurs déjections, en analysant le rôle des facteurs nutritionnel et parasitaire.

Ce mémoire fait la synthèse de mes travaux scientifiques depuis la thèse. A la suite de la présentation de mon C.V., une première partie expose le contexte et les objectifs de mes recherches. Je présente dans une seconde partie mes travaux de thèse et ceux conduits depuis mon recrutement, avant de terminer ce mémoire par mes perspectives de recherche.

CURRICULUM VITAE

Géraldine Fleurance

Née le 20 avril 1975 à Charenton-le-Pont (Val de Marne)

Ingénieur de recherche de l'Institut Français du Cheval et de l'Équitation (IFCE)

INRAE Centre de recherches Clermont Auvergne Rhône-Alpes – UMR 1213 Herbivores

Diplômes

- 1993** Baccalauréat série C (académie de Grenoble)
- 1995** DEUG Sciences de la nature et de la vie (Université Lyon 1, mention AB)
- 1996** Licence Biologie des organismes (Université Lyon 1, mention AB)
- 1997** Maîtrise Biologie des Populations et des Ecosystèmes, mention Environnement (Université Lyon 1)
- 1998** DEA Gestion des espaces montagnards : sociétés et environnements (Université Grenoble 1, mention B)
- 2003** Doctorat Biologie des Populations et des Ecosystèmes (Université de Savoie, mention Très Honorable avec Félicitations du Jury)

Expériences scientifiques

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé - CNRS UPR 1934

- 1998** Stage de DEA : A cheval entre la gestion des espaces sensibles et les stratégies d'approvisionnement
- 1999-2003** Thèse de Doctorat : Mode d'acquisition des ressources alimentaires par les chevaux : rôle des stratégies nutritionnelle et antiparasitaire dans l'utilisation hétérogène des prairies

Les Haras Nationaux (Institut Français du Cheval et de l'Équitation depuis 2010)

- 1999-2005** Ingénieur de recherche sur l'alimentation du cheval au pâturage à la Station Expérimentale de Chamberet (19)
Poursuite de mon doctorat sous la direction de Patrick Duncan, DR CEBC

INRA Clermont-Ferrand – Theix (INRAE Clermont Auvergne Rhône-Alpes depuis 2020)

- 2005-présent** IR de l'IFCE membre de l'UMR1213 Herbivores dans le cadre de la convention IFCE-INRA

Coordination de projets de recherche

- 2005 – 2009** : Responsable du projet « *Influence de la disponibilité et de la qualité de la ressource sur les niveaux d'ingestion et les choix alimentaires des chevaux au pâturage. Conséquences pour la gestion des prairies* » financé par le Conseil Scientifique des Haras Nationaux et la Région Limousin.
- 2011 – 2014** : Responsable du projet « *Influence de la complémentation au pâturage sur l'ingestion, les performances zootechniques et l'infestation parasitaire de la jument de selle en lactation* » financé par le CS de l'IFCE et le département PHASE de l'INRA.

- 2015 – 2019** : Responsable du projet Equibov « *Accroître les performances des élevages de chevaux de selle par la mixité avec les bovins allaitants en zones herbagères : quelles pratiques et quels mécanismes impliqués ?* » financé par le CS de l'IFCE, le département PHASE de l'INRA, le méta-programme GISA STREP, le PSDR Auvergne.
- 2015 – 2020** : Co-animatrice (avec Sylvie Cournot, VetAgro Sup) du volet de recherche « *Analyser la diversité de l'élevage dans l'exploitation : niveau composantes du système* » du projet new-DEAL « *Diversité de l'Élevage en Auvergne: un Levier de durabilité pour la transition agroécologique* » financé par le PSDR Auvergne.
- 2018 – 2020** : Responsable du projet Pamiebo « *Pâturage mixte équin-bovin : un atout pour valoriser l'herbe et limiter le parasitisme comparativement à une conduite séparée des espèces ?* » financé par le CS de l'IFCE, le Fonds Eperon, le FEADER Basse-Normandie.
- 2020 – 2023** : Co-responsable (avec Guillaume Sallé, INRAE) du projet Chiron « *Identification et caractérisation de plantes bioactives pour la gestion des cyathostomes* » financé par le CS de l'IFCE, le Fonds Eperon et l'Institut Carnot France Futur Elevage.

Participation à des projets de recherche et de développement

- 2003 – 2005** : Partenaire du projet « *Effets du niveau de croissance pondérale liée aux apports alimentaires sur la croissance osseuse du cheval* » (coord. W. Martin-Rosset, INRA). Responsable des mesures à la Station expérimentale des Haras Nationaux, contribution aux réflexions et à la diffusion des résultats.
- 2005 – 2009** : Partenaire du projet Inra Ecoger – Divherbe « *Structure, diversité et fonctionnement : des clés multi-échelles pour la gestion des prairies permanentes* » (coord. P. Cruz, INRA). Responsable des mesures à la Station expérimentale des Haras Nationaux, contribution aux réflexions et à la diffusion des résultats.
- 2011 – 2013** : Partenaire du projet « *Le pâturage dans les élevages professionnels d'équidés : caractérisation de la place des ressources spontanées dans les systèmes d'alimentation équins et développement d'outils pour concevoir des conduites durables du pâturage dans les élevages d'équidés* » (coord. M. Jouven, Montpellier SupAgro). Contribution aux réflexions et à la diffusion des résultats.
- 2011 – 2014** : Partenaire du projet « *Conception d'un dispositif de monitoring multi-capteurs "modulable et intelligent" de l'animal* » (coord. B. Meunier, INRA). Contribution aux réflexions et à la diffusion des résultats.
- 2012 – 2013** : Partenaire du projet Equipar « *Characterization of equine helminthes prevalence in Normandy and preliminary studies designed to define integrated strategies of nematodes control* » (coord. L. Schibler, INRA). Responsable des mesures à la Station expérimentale de l'IFCE, contribution aux réflexions et à la diffusion des résultats.
- 2012 – 2014** : Partenaire d'un projet de développement de la version équine du Rami fourrager® (coord. L. Madeline, Idele). Contribution aux réflexions.
- 2013 – 2016** : Partenaire du méta-programme GISA STReP « *Drastic and Sustainable Treatment Reduction against Parasitism in Livestock* » (coord. N. Mandonnet, INRA). Responsable des mesures à la Station expérimentale de l'IFCE, contribution aux réflexions et à la diffusion des résultats.
- 2020 – 2021** : Partenaire du projet CoE3 « *Contributions environnementales des équidés : de la parcelle à l'Europe* » (coord. C. Vial, IFCE). Contribution à la vulgarisation des connaissances sur l'impact du pâturage équin sur la biodiversité des milieux pâturés.

Production scientifique et technique

Auteur ou co-auteur de 54 productions scientifiques (dont 20 publications de rang A) et de 116 documents à vocation de transfert dont le détail est donné dans le tableau ci-dessous. Vingt-six publications sont à ce jour (09/06/22) référencées dans le Web of Science ; elles ont été citées 622 fois (h-factor=12).

		Nombre total	en 1er auteur	en dernier auteur	en 2 nd auteur
Publications scientifiques	revues à comité de lecture	20 (+ 1 révisée)	8	5 (+1 révisée)	4
	congrès internationaux	30 dont 2 synthèses	13 dont 2 synthèses	2	11
	congrès nationaux	4	0	1	1
Documents à vocation de transfert	revues à comité de lecture	9	1	2	1
	chapitres d'ouvrages	6	3	0	2
	revues sans comité de lecture	22	16	3	1
	colloques	60	30	11	11
	autres supports	19	12	3	4

Activités d'encadrement et d'enseignement

Thèses

2005 – 2008 : Nadège Edouard - Université de Limoges - « *Déterminants de l'utilisation des ressources alimentaires par le cheval : influence de la qualité et de la hauteur de la végétation sur l'ingestion et les choix des sites d'alimentation* », **50% du temps d'encadrement** avec P. Duncan, Directeur de thèse (CNRS UPR1934) et R. Baumont (INRA UMR1213 Herbivores) – Thèse cofinancée par les Haras Nationaux et la Région Limousin. N Edouard est aujourd'hui CR2 à INRAE UMR PEGASE.

2011 – 2014 : Claire Collas - Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand - « *Influence de la complémentation au pâturage sur l'ingestion, les performances zootechniques et l'infestation parasitaire de la jument de selle en lactation* », **50% du temps d'encadrement** avec B. Dumont, Directeur de thèse (INRA UMR1213 Herbivores) – Thèse cofinancée par le CS de l'IFCE et le Département PHASE de l'INRA. C. Collas est aujourd'hui Maître de Conférences à l'UR AFPA (USC INRA 340, Université de Lorraine - ENSAIA).

2015 – 2019 : Louise Forteau - Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand - " *Accroître les performances des élevages de chevaux de selle par la mixité avec les bovins allaitants en zones herbagères : Quelles pratiques et quels mécanismes impliqués ?* ", **40% du temps d'encadrement** avec B. Dumont, Directeur de thèse (INRA UMR1213 Herbivores) et G. Bigot (Irstea) – Thèse cofinancée par le CS de l'IFCE et le Département PHASE de l'INRA. L. Forteau est actuellement ingénieur de recherche & développement chez O2M Lab (CDD).

2020 – 2023 : Joshua Malsa – Université de Tours – « *Etude du potentiel anthelminthique et immuno-modulateur de plantes bioactives pour le contrôle des cyathostomes* », **40% du temps d'encadrement** à ce jour avec G. Sallé, Directeur de thèse (INRAE UMR1282 Infectiologie et Santé Publique). Thèse cofinancée par le CS de l'IFCE et le Fonds Eperon.

Séjour doctoral

2018 : Anderson Michel Soares-Bolzan – Université Rio Grande do Sul (Brésil) - « *Pâturage mixte équin-bovin : un atout pour valoriser l'herbe comparativement à une conduite séparée des espèces ?* ». Séjour doctoral à l'INRA UMR Herbivores financé par le CS de l'IFCE

(projet Pamiebo) et le projet CAPES-Cofecub « Valorizar o Pampa », **50% du temps d'encadrement** avec P-C de Faccio Carvalho, Directeur de thèse (Univ. Rio Grande do Sul) et B. Dumont (INRA UMR1213 Herbivores). Thèse soutenue en 2021.

Autres encadrements

20 étudiants encadrés depuis 2005 dont 13 en encadrement total, quatre en encadrement principal (>50% du temps d'encadrement) et trois en encadrement secondaire (< 50% du temps d'encadrement). Niveaux M2 (sept étudiants), M1 (sept étudiants) (voir détails ci-dessous) et L3 (six étudiants).

Niveau M2

2020 : Legrand, C. Pâturage mixte équin-bovin : un atout pour valoriser l'herbe et limiter le parasitisme gastro-intestinal comparativement à une conduite séparée des deux espèces ? Mémoire de fin d'études, Ingénieur ISARA Lyon, 54p.

2019 : Campedelli, M. Le pâturage mixte équin-bovin : un atout pour valoriser l'herbe et limiter le parasitisme gastro-intestinal comparativement à une conduite séparée des deux espèces ? Mémoire de fin d'études, Ingénieur AgroSup Dijon, 32p.

2017 : Mouilleau, M. Accroître les performances des élevages de chevaux de selle par la mixité avec les bovins allaitants : quelles modalités d'articulation entre troupeaux et ressources herbagères pour quels bénéfices et limites ? Mémoire de fin d'études, INP Toulouse, 98p.

2013 : Cardoso-Leal N. Alimentation de la jument de selle en lactation au pâturage : quels effets d'une complémentation énergétique sur l'ingestion et les performances zootechniques ? Master 2, Université Rennes I Agrocampus, 25p.

2007 : Grande E. Ingestion et choix alimentaires du cheval au pâturage : effets de la hauteur et de la qualité du couvert. Mémoire de fin d'études, Ingénieur Enita Clermont-Ferrand.

2006 : Renaut E. Ingestion et choix alimentaires du cheval au pâturage : effets de la hauteur du couvert. Mémoire de fin d'études, Ingénieur ISAB.

2005 : Edouard N. Food intake in horses : does vegetation quality matter ? DEA Ecophysiologie Énergétique et Comportement, Université de Strasbourg.

Niveau M1

2015 : Richard C. Effets d'un apport de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) ou d'une complémentation azotée de courte durée dans l'alimentation du cheval sur les strongles digestifs. Master 1 Ecologie Fonctionnelle, Comportementale et Evolutive, Université Rennes 1, 15p.

2014 : Macé H. Effets d'une complémentation énergétique et de la quantité d'herbe offerte sur l'ingestion de la jument de selle en lactation au pâturage. Quatrième année ESA Angers, 40p.

2008 : Mouchet A. Effet d'un pâturage équin conduit à deux niveaux de chargement sur la structure du couvert prairial et évolution du comportement alimentaire des chevaux face aux variations des caractéristiques de la ressource. Master 1 Biologie des Organismes, des Populations et des Ecosystèmes, Université Rennes 1, 21p.

2007 : Steelandt S. Influence de différents niveaux de chargements en chevaux sur la structure du couvert végétal et sur les choix alimentaires. Master 1 Biologie des Organismes, des Populations et des Ecosystèmes, Université Rennes 1, 32p.

2007 : Guiet A. Conduite du pâturage équin selon différents niveaux de chargement : dynamique du couvert prairial et choix alimentaires. Master 1 Ethologie, Université Paris 13, 19p.

2006 : Bosquet M. Ingestion et choix alimentaires du cheval au pâturage : effets de la hauteur du couvert. Master 1 Biologie des Organismes, des Populations et des Ecosystèmes, Université Rennes 1.

2005 : Vial C. Réponse fonctionnelle chez les équins : influence de la hauteur d'herbe et de la masse corporelle. Deuxième année Ingénieur ENSA Montpellier, 32p.

Enseignement

2004-2006 Institut Lasalle Beauvais - Ingénieur 5^{ème} année agriculture
Le comportement alimentaire des équidés (3h)

2005 Université Européenne d'été Rennes 1
The nutritional ecology of equids (4h)

2011 VetAgro Sup Clermont-Ferrand - Master Nutrition Santé Aliments
Rôle du pâturage dans la gestion de la biodiversité des prairies (2h)

2011-2012 Purpan - Ingénieur 5^{ème} année agronomie
Utilisation des ressources pâturées par le cheval et impact sur le couvert prairial (4h)

2015-2016 Haras de la Cense - Formation professionnelle Ethologie et Sciences Equines
Comportement alimentaire des chevaux au pâturage : analyser, comprendre et utiliser le comportement pour satisfaire des objectifs zootechniques, sanitaires et environnementaux (2h)

2017 VetAgro Sup - Summer School agroecology and animal production
Mixed grazing between horses and cattle : a way to improve the use of grasslands (1h)

2020 Institut Agronomique Méditerranéen Zaragoza - Master Animal Nutrition
Utilisation des ressources pâturées par les équidés (4h)

Activités liées à la recherche

Animation de la recherche

2011 – 2018 : Co-animatrice du Groupe Filière Equine INRA (avec JL Cadoré, VetAgro Sup) : veille sur la filière et les recherches qui lui sont consacrées, appui à la stratégie scientifique de l'Inra. Membre entre 2005 et 2010 et depuis 2019

2017 – présent : Co-animatrice de l'axe « Construction et évaluation de la multiperformance des productions allaitantes » au sein de l'UMT SeSAM (Services rendus par les Systèmes Allaitants Multiperformants) (avec P. Dimon, Idele) : partage d'expertise et de moyens, co-construction de programmes de recherche. Membre depuis 2012.

Organisation d'évènements scientifiques

2018 : Membre du Comité Scientifique du 10^e symposium international sur la nutrition des herbivores (Clermont-Ferrand) ; co-animatrice de la session « Wild Herbivores »

2021 – présent : Co-responsable de l'organisation d'évènements scientifiques à l'UMR1213 Herbivores (avec G. Cantalapiedra-Hijar et N. Aigueperse, INRAE)

2022 : Membre du Comité Scientifique du 29^e meeting European Grassland Federation (Caen) ; co-animatrice de la session « Bundles of services provided by grasslands »

Expertise

2014 – présent : Membre du RMT Prairies Demain puis du RMT Avenirs Prairies

2019 – présent : Membre du collectif scientifique missionné par le Département PHASE d'INRAE pour travailler sur les méthodes de mesure de l'ingestion des animaux élevés en groupe

2020 – présent : Membre (avec M.Conraud, IFCE délégation territoriale Auvergne – Rhône-Alpes) du CST du Cluster Herbe Massif central

2021 – présent : Membre du groupe inter-ITA sur l'évaluation multi-critères

2021 – présent : Membre du groupe de travail du GIS Avenir Elevage sur l'évaluation de l'impact des systèmes d'élevage sur la biodiversité

Evaluation de travaux scientifiques pour des revues internationales

Grass and Forage Science, Animal, Livestock Science, Acta Oecologia, Behavioural Ecology, Behavioural Processes, Journal of Equine Veterinary Science

Principales formations complémentaires

2012 : Zootechnie : les aliments et leur ingestion, la digestion et le métabolisme des nutriments chez les ruminants ; UMR 1213 Herbivores (2j)

2012 : Encadrement de doctorant ; ASCEO (3j)

2013 : Habilitation Expérimentation Animale Niveau 1 ; Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand (2 semaines)

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE MES RECHERCHES

1.1. Principales caractéristiques de la filière équine française

1.1.1. Le cheptel d'équidés et les trois segments de la filière équine

Le cheptel d'équidés, estimé à 1M de tête en France (seconde place en Europe derrière l'Allemagne) (ECUS, 2021), est composé de 68% de chevaux de selle et de poneys, 14% de chevaux de course, 10% d'ânes et 8% de chevaux de trait (ECUS, 2021). Du fait du nombre important d'équidés adultes utilisés pour l'équitation, voire gardés jusqu'à leur fin de vie, l'effectif de femelles saillies en 2020 ne représentait que 7% du cheptel total (ECUS, 2021). Cette même année, 30 800 éleveurs ont conduit au moins une jument à la saillie ; 58% d'entre eux n'avaient qu'une jument, 18% en avaient deux, 16% en avaient entre trois et cinq et 8% avaient plus de cinq juments.

Le segment le plus représenté au sein de la filière est celui du « **sport-loisir** ». Il s'organise autour d'une société mère qui structure la politique de l'élevage, la Société Hippique Française (SHF), et de la Fédération Française d'Equitation (FFE), quatrième fédération sportive nationale. Au sein de ce segment, la demande en équidés est majoritairement orientée vers des chevaux et des poneys utilisables par des « amateurs », c'est-à-dire des animaux dressés, de cinq ans minimum, à un prix de quelques milliers d'euros voire un peu plus pour une utilisation en compétition. Les deux tiers des transactions sont réalisées lors de reventes de chevaux durant leur utilisation. En l'absence de primes à la production et face aux variations annuelles de commercialisation liées au contexte économique et aux qualités intrinsèques des animaux, les éleveurs diversifient souvent leurs activités (e.g. centre de reproduction équine, prise en pension de chevaux et/ou autres productions agricoles).

Le segment « **courses** », le plus rentable de la filière, est organisé autour de deux sociétés mères, France Galop et Le Trot, d'un opérateur de paris historique (GIE PMU) et d'opérateurs de pari concurrentiels. Les jeunes chevaux sortent de l'élevage vers l'âge d'un an pour être mis à l'entraînement. Des ventes aux enchères servent de références annuelles sur ce marché. Les reproducteurs et les produits sont soumis à un tri important en fonction des performances en courses ou lors de l'entraînement ; toutefois, les animaux réformés ne vont pas tous à l'abattoir et alimentent à bas prix le secteur du cheval de loisir.

Le segment « **travail** », représenté par la Société Française des Equidés de Travail (SFET), regroupe l'ensemble des prestations de travail fournies par les équidés notamment dans l'agriculture, leur utilisation pour l'entretien d'espaces à haute valeur écologique et le débouché viande. La consommation de viande chevaline en France ne cesse toutefois de diminuer (-75% entre 1998 et 2018 ; 2kg/an/foyer ; FranceAgriMer, 2020) et porte essentiellement sur de la viande rouge, la plus chère du marché (18.10 €/kg en moyenne ; FranceAgriMer, 2020). La France importe la moitié de ses besoins sous forme d'animaux adultes vivants provenant d'Europe, d'une part et sous forme de viande provenant en particulier d'Amérique du Sud, d'autre part (ECUS, 2021). Seuls 6900 équidés ont été abattus en France en 2020 et la France importe deux fois et demi plus de viande qu'elle n'en exporte. La France exporte par ailleurs des chevaux de trait destinés à la production de viande (5800 têtes en 2020), majoritairement des poulains engraisés en Italie entre 6 et 18 mois (ECUS, 2021).

1.1.2. Incidence économique et sociale de la filière équine

Le chiffre d'affaires généré par la filière équine, supérieur à 11 milliards € en France, est le plus important à l'échelle européenne. La prise de paris hippiques représente 9 767 M€ en 2019, dont 75% reviennent aux parieurs et 25% sont reversés à l'institution des courses, l'Etat et les collecteurs étrangers. Le secteur du sport et loisir génère 1 052 M€ (hors impact territorial des événements et manifestations sportives non déterminé) et celui du travail 26 M€ (ECUS, 2021).

La filière compte 146 000 emplois dont 45% exercés à titre dit « principal » soit car l'activité équine est la plus rémunératrice, soit car elle représente au moins un mi-temps de travail (Equi-ressources, 2022). Les emplois relatifs à la production et à l'utilisation du cheval (l'élevage, les établissements équestres et les centres d'entraînement de courses en particulier) représentent 71% des métiers exercés à titre principal et 54% des métiers exercés à titre secondaire. Un tiers des métiers exercés à titre secondaire concerne l'élevage et un autre tiers la vente de « produits » en lien avec le cheval (paris, spectacles etc.). Les autres métiers intégrés à ces deux catégories d'activités concernent les prestations autour du cheval (vétérinaire, maréchal-ferrant etc.), les fournisseurs et prestataires d'entreprises, et l'organisation et le développement de la filière.

Les structures du segment « courses » génèrent un chiffre d'affaires globalement plus important que celui des autres segments, tandis que les structures d'élevage présentent un chiffre d'affaires en moyenne inférieur à celui des entreprises liées à l'utilisation du cheval. A titre d'exemple, l'excédent brut d'exploitation (EBE)¹ moyen en 2020 pour les éleveurs de chevaux de sport est de 15 559 € (avec des disparités majeures selon le niveau de produit: - 12 533 € à 166 819 €), celui des éleveurs de trotteurs de 53 404 € (de -10 329 € à 224 232 €) et celui des centres équestres de 34 881 € (de -8 277 € à 96 030 €) (ECUS, 2021). L'élevage équin français est souvent motivé par la « passion » pour l'animal. Ainsi, Couzy & Capitain (2009) ont rapporté que moins de 10% des éleveurs français avaient pour ambition de vivre de leur activité. Un quart d'entre eux cherchaient à dégager un revenu, 40 % visaient à équilibrer leurs charges et près d'un tiers n'avaient aucun objectif économique. Parmi les éleveurs souhaitant tirer un revenu de leur activité ou être à l'équilibre, seuls 40% ont déclaré atteindre leur objectif. En élevage de chevaux de selle, les performances économiques sont souvent affectées par une inadéquation entre l'offre (centrée sur les objectifs de l'éleveur de produire un cheval de haut niveau) associée à des coûts de production élevés, et la demande principale du marché pour un animal de loisir. Ceci conduit au développement de la concurrence d'élevages d'autres pays européens (Pays-Bas, Allemagne, Belgique) focalisés sur la performance technico-économique et la réponse aux attentes des clients.

1.1.3. Répartition du cheptel d'équidés au sein des structures

Depuis 2005, la loi sur le développement des territoires ruraux a élargi l'application du statut agricole à l'ensemble de la filière équine, y compris aux activités et aux structures d'utilisation des équidés. Toutefois, le secteur agricole n'intègre qu'une partie de la filière équine française car toutes les structures professionnelles n'ont pas opté pour le statut agricole et parce qu'un nombre important de chevaux est détenu par des particuliers hors structures. Ainsi, lors du

¹ L'EBE doit permettre de rembourser les annuités, de prélever la rémunération des chefs d'entreprises et de dégager un solde pour l'autofinancement de projets ou l'amélioration de la trésorerie. Cet indicateur permet de comparer les entreprises, donc les secteurs d'activité, sans prendre en compte leur politique d'investissement ni leur gestion financière. A titre d'exemple, pour les élevages de sport dont le produit est compris entre 150 000 et 250 000€, l'EBE moyen se situe entre 25 000 et 65 000€ ce qui permet de couvrir les annuités et d'assurer une rémunération au dirigeant. En dessous de 100 000€ de produit, ce sont les apports extérieurs qui couvrent les annuités et stabilisent la situation financière (ECUS, 2021).

recensement agricole (RA) de 2010, un peu moins de la moitié du cheptel national était comptabilisé dans 54 643 exploitations agricoles (i.e. dans 11% des exploitations agricoles françaises) (Perrot et al., 2013). Cet effectif comprenait toutefois la majorité des juments reproductrices enregistrées par le Système d'Information Relatif aux Equidés (SIRE, Institut Français du Cheval et de l'Équitation) qui émet les documents d'identification et assure la gestion de la base sanitaire et zootechnique des équidés sur le territoire français. L'analyse des données du RA 2020 est en cours ; toutefois, le seuil nouvellement fixé à quatre naissances minimum pour les équidés (sur 2017-2018) ne permettra pas une comparaison directe avec les données du précédent recensement. Cette analyse offrira néanmoins la possibilité de discriminer les chevaux de selle, des poneys et des chevaux de course de trot et de galop (regroupés sous la catégorie « chevaux de sang » en 2010), d'une part, et les reproductrices dans chaque catégorie d'équidés, d'autre part. Un travail est également envisagé pour proposer une valeur de produit brut standard (PBS) par type de race et par type d'animal. Cette valeur est aujourd'hui identique quel que soit le type d'équidés (i.e. 877 euros par tête au niveau national) alors que les valeurs de commercialisation varient largement, ce qui limite la pertinence de l'OTEX (Orientation Technico-Economique de l'eXploitation calculée à partir du poids du PBS des différentes productions d'une exploitation) pour caractériser les exploitations avec équins.

A partir d'une analyse récente des données du RA 2010 centrée sur les cheptels équins présents dans les exploitations agricoles, Bigot et al. (2020) ont distingué neuf groupes d'exploitations se distinguant par le type de races dominant, la taille moyenne du cheptel et la proportion de poulinières dans le cheptel équin permettant de caractériser l'activité d'élevage (i.e. >25% de poulinières) (**Tableau 1**). Le groupe 1 « **Petit cheptels** » rassemble les trois quarts des exploitations agricoles avec équins ; elles possèdent trois équidés en moyenne et le total des équidés présents représente 29% du cheptel recensé. Les deux tiers des équidés de ce groupe sont des chevaux ou des juments de type « sang » (i.e. selle, course et poneys). Les exploitations spécialisées équines n'y représentent que 16% des structures (**Tableau 2**). L'activité de ces exploitations est donc principalement liée à d'autres activités agricoles et la présence des équins satisfait probablement une demande familiale de loisirs et/ou d'élevage du cheval. La part des exploitations détenant principalement des ânes (groupes 2 et 3) ou des **chevaux de trait** (groupes 4 et 5) paraît très faible (**Tableau 1**); toutefois, une part importante de ces types d'équidés est détenue dans les exploitations du groupe 1.

Tableau 1. Groupes d'exploitations agricoles avec équins d'après les cheptels détenus en 2010 (issu de Bigot et al., 2020). La catégorie « sang » regroupe les chevaux de selle, de course et les poneys.

Groupe d'exploitations	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type d'activité équine	Petits cheptels	Âne spécialisé	Âne majoritaire	Trait élevage	Trait valorisation	Sang élevage repro	Sang élevage moyen	Sang élevage grand	Sang écurie
Nombre d'exploitations	41 086	62	3 110	892	270	1 240	6 675	335	973
Nombre d'équidés détenus	126 664	2 608	23 662	15 282	8 993	49 236	120 908	36 673	49 869
Troupeau moyen par exploitation (nb de têtes)	3	42	8	17	33	40	18	109	51
Composition du cheptel par type d'équidé (en %)									
Anes, mulets, bardot	8,1	94,0	75,2	1,5	0,6	0,6	1,0	0,3	0,8
Poulinières de trait	16,9	0,4	4,3	79,9	14,9	0,2	0,3	0,1	0,3
Autres chevaux de trait	11,0	0,8	2,3	14,2	73,0	0,2	0,3	0,2	0,3
Poulinières de sang	29,0	1,6	8,2	1,7	5,6	61,4	31,0	27,1	10,5
Autres chevaux de sang	35,0	2,5	9,9	2,6	5,9	37,6	67,5	72,3	88,0

Tableau 2. Dimensionnement et productions agricoles dans les neuf groupes d'exploitations avec équins en 2010 ; moyenne (écart-type) du groupe (issu de Bigot et al., 2020). UGBAT : Unité gros bovin-alimentation totale ; elle permet de convertir les cheptels herbivores et les productions hors sol en une seule unité commune. La catégorie « sang » regroupe les chevaux de selle, de course et les poneys.

Groupe d'exploitations	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type d'activité équine	Petits cheptels	Âne spécialisé	Âne majoritaire	Trait élevage	Trait valorisation	Sang élevage repro	Sang élevage moyen	Sang élevage grand	Sang écurie
Surface agricole moyenne par exploitation (ha)	51 (69)	40 (46)	47 (76)	77 (93)	74 (94)	54 (115)	39 (63)	95 (99)	43 (58)
dont :									
- part des prairies (%)	79 (32)	93 (20)	84 (30)	91 (20)	89 (22)	92 (22)	89 (26)	92 (21)	91 (22)
- part des grandes cultures (%)	16 (26)	4 (13)	11 (22)	9 (17)	10 (18)	7 (18)	9 (21)	8 (17)	7 (18)
- part autres cultures (%)	5 (15)	3 (13)	5 (16)	1 (5)	2 (6)	2 (9)	2 (9)	1 (5)	1 (5)
Cheptel total en UGBAT	55 (97)	31 (37)	39 (73)	85 (102)	87 (104)	54 (61)	35 (79)	124 (89)	59 (46)
dont :									
- part des équidés (%)	43 (43)	83 (27)	49 (41)	51 (40)	66 (37)	88 (25)	85 (30)	93 (16)	94 (17)
- part des bovins (%)	39 (44)	11 (23)	25 (38)	40 (39)	27 (35)	9 (22)	11 (26)	5 (14)	5 (15)
- part ovins-caprins (%)	12 (26)	5 (15)	20 (31)	8 (18)	5 (15)	2 (11)	3 (11)	1 (04)	1 (05)
- part des animaux hors sol (%)	6 (18)	1 (2)	6 (16)	2 (10)	2 (9)	1 (7)	1 (9)	1 (06)	0 (05)
% d'exploitations avec bovins	40	23	27	54	41	16	15	17	10
% d'exploitations spécialisées équines	16	42	15	19	24	52	51	50	62

Les quatre autres groupes, comprenant au total un peu plus de 9 000 exploitations, détiennent essentiellement des **chevaux** ou des **poulinières de sang** et regroupent plus de 60% du cheptel équin présent dans les exploitation agricoles (**Tableau 1**). Les exploitations du groupe 6 « **Sang Elevage repro** » détiennent en moyenne plus de 60% de poulinières et donc moins d'un poulain par jument. Il s'agit vraisemblablement d'élevages de chevaux de courses puisque les jeunes animaux sont envoyés très tôt dans des centres d'entraînement et/ou de centres de reproduction. Les groupes 7 et 8 « **Sang élevage moyen et grand** », qui se distinguent par la taille de leur cheptel équin, détiennent respectivement 31% et 27% des poulinières. Ces pourcentages conduisent à classer ces exploitations comme élevages de chevaux de selle (où les jeunes sont élevés jusqu'à l'âge de 3 à 5 ans environ), dans lesquels on trouve éventuellement des chevaux en pension. Enfin, le groupe 9 « **Sang écurie** », caractérisé par un faible nombre de poulinières, réunit essentiellement des centres équestres et des écuries d'entraînement.

La surface agricole utile (SAU) moyenne des différents groupes varie de 39 ha en moyenne dans le groupe 7 « Sang élevage moyen » à 95 ha dans le groupe 8 « Sang élevage grand », avec une variabilité importante au sein de chaque groupe (**Tableau 2**). Dans tous les cas, il s'agit d'exploitations herbagères comprenant, pour la plupart, plus de 80% de la surface en prairies. Des travaux récents conduits à l'échelle française montrent que l'espèce équine occupe la seconde place des espèces d'élevage sur le plan de la consommation de fourrages (5% des volumes totaux, i.e. 3.5 M tMS en 2015), loin derrière les bovins néanmoins (89% des volumes totaux) (Sailley et al., 2022). En plus des équins, plusieurs exploitations valorisent leurs surfaces avec des bovins et, dans une moindre mesure, avec des ovins et des caprins. Les

élevages hors sol (e.g. porc, volaille) sont pratiquement inexistants. Le groupe 1 « Petits cheptels » est le plus diversifié ; à l’opposé, les exploitations des quatre groupes avec chevaux de sang sont, pour plus de la moitié d’entre elles, spécialisées. Enfin, la spécialisation n’est pas une caractéristique majeure des exploitations « Anes » et « Traits ».

1.1.4. Insertion territoriale des équidés

Les équidés sont présents sur tout le territoire national, et plus particulièrement dans les zones herbagères du Grand Ouest et de moyennes montagnes. Ils sont également souvent les seuls herbivores présents dans les zones délaissées par l’élevage, telles que le littoral méditerranéen ou les landes, et dans les zones périurbaines. Les chevaux de selle et de course sont plutôt localisés dans les zones de plaine tandis que les chevaux de trait sont principalement présents dans les zones de massif (**Fig. 1** pour les exploitations agricoles recensées avec équidés en 2010). En 2020, quatre régions comptent plus de 100 000 équidés : la Normandie, la Nouvelle-Aquitaine, l’Auvergne – Rhône-Alpes et les Pays de la Loire (ECUS, 2021).

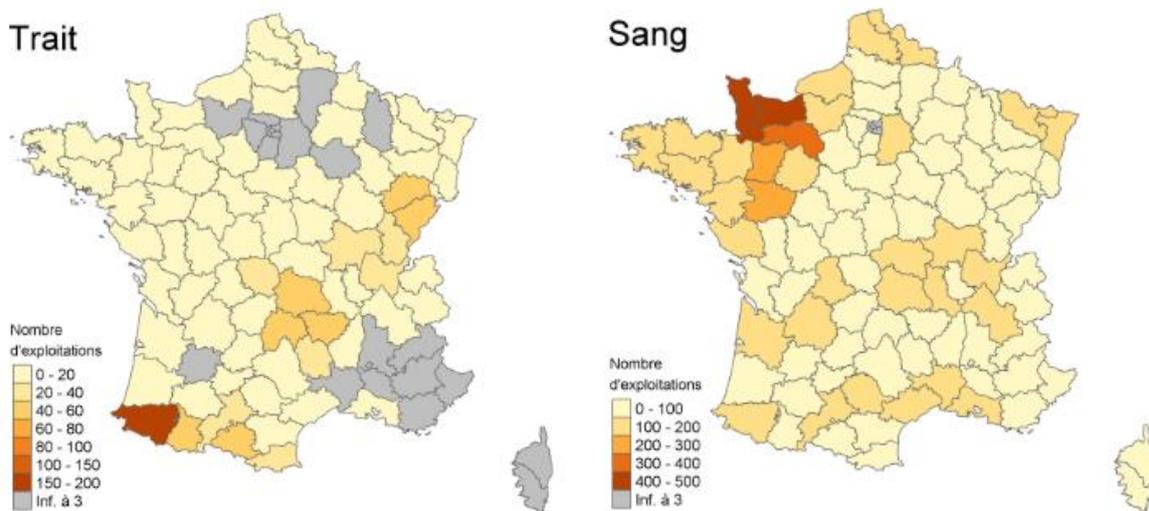


Figure 1. Localisation départementale des exploitations agricoles recensées avec des équidés de type trait ou sang en 2010 (issu de Bigot et al., 2020).

1.2. Scénarios d’évolution de la filière à l’horizon 2030 et problématiques associées

En 2010, différents éléments de contexte ont conduit l’Institut Français du Cheval et de l’Equitation (IFCE) et l’INRA à réaliser une étude prospective de la filière équine française (Jez et al., 2013). En particulier, la croissance régulière du cheptel équin depuis le milieu des années 1990 liée à l’engouement des français pour l’équitation de loisir, la diversité des activités équestres et l’intérêt de la population pour les paris hippiques représentaient des atouts majeurs. A l’inverse, le recul des soutiens et de l’encadrement de l’Etat, l’augmentation de la concurrence internationale, le fait que certaines activités reposent sur des amateurs passionnés et les préoccupations croissantes de la société vis-à-vis du bien-être animal fragilisaient le développement socio-économique de la filière. La construction de scénarios d’avenir pour la filière équine s’est appuyée sur une méthode « d’analyse morphologique » qui consiste à explorer les futurs possibles à partir de combinaisons d’hypothèses d’évolution des éléments déterminants pour l’avenir du système étudié. Une quarantaine de facteurs d’évolution ont ainsi été caractérisés, hiérarchisés et répartis en cinq composantes qui ont constitué la base de

construction des scénarios : le contexte économique et sociétal, les attentes des usagers et de la société vis-à-vis du cheval, les politiques publiques et les réglementations, l'offre équestre et hippique et l'organisation et les stratégies des producteurs de chevaux. L'objectif n'était pas de décrire l'avenir mais d'envisager la variété des champs du possible. Quatre scénarios contrastés à l'horizon 2030 ont ainsi été proposés (**Tableau 3**). Les scénarios « tous à cheval » et « le cheval des élites » ont été fondés sur des évolutions opposées du contexte économique, tandis que les scénarios « le cheval citoyen » et « le cheval compagnon » reposaient sur des évolutions de la société. Ces quatre scénarios conduisent à des impacts très différents sur les cheptels, leur géolocalisation et sur le fonctionnement de la filière (**Tableau 3**).

Tableau 3. Principales caractéristiques des scénarios imaginés par la prospective de la filière équine à l'horizon 2030 (d'après Jez et al., 2013).

	Hypothèses	Impact sur les cheptels et leur localisation	Impact sur la filière
Tous à cheval	<p>↗ pouvoir d'achat des classes moyennes qui concrétise le désir de monter à cheval.</p> <p>↘ soutien de l'Etat à la filière qui devient économiquement autonome.</p> <p>Différenciation de l'offre équestre pour satisfaire différents profils.</p> <p>Courses florissantes.</p> <p>Professionnalisation de la filière pour ↘ coûts et améliorer l'offre.</p>	<p>Effectifs ↗↗↗</p> <p>Zones touristiques, zones à démographie dynamique, zones périurbaines, régions d'élevage cavalières.</p>	<p>Segmentation reliant élevage et attentes des usagers : (i) nouveaux producteurs de chevaux à moindre coût, (ii) producteurs de chevaux d'élite (avec orientation possible précoce vers une autre carrière).</p> <p>Filière française concurrentielle, y compris à l'international.</p> <p>Consommation de viande très faible.</p> <p>↗↗↗Salariés et travailleurs indépendants.</p>
Cheval des élites	<p>La crise économique affecte fortement les classes moyennes, l'équitation a une fonction de distinction sociale.</p> <p>Coûts de la pratique équestre accrus par la tension sur l'accès aux surfaces et aux matières premières.</p> <p>Maintien des paris.</p> <p>Le secteur viande disparaît.</p>	<p>Effectifs ↘↘↘</p> <p>Zones touristiques « haut de gamme », zones d'élevages de chevaux de haut niveau, zones d'élevage à moindre pression foncière.</p>	<p>Recherche d'optimisation économique : (i) maintien d'éleveurs professionnels (technicité), (ii) production de chevaux d'exception.</p> <p>Elevage français compétitif qui reprend des parts sur son marché.</p> <p>L'export soutient la production.</p> <p>↘↘Salariés, ↗moniteurs indépendants.</p>

	Hypothèses	Impact sur les cheptels et leur localisation	Impact sur la filière
Cheval citoyen	<p>Désir sociétal de nature et de rapprochement entre personnes.</p> <p>Soutien de l'action publique territoriale à l'utilisation du cheval.</p> <p>Multiplicité des usages des chevaux (équitation, entretien espaces, agriculture, services à la personne etc.).</p>	<p>Effectifs ↗</p> <p>Développement +/- important des activités en fonction des projets et spécificités des territoires.</p>	<p>Secteur viande délaissé.</p> <p>Le marché s'appuie sur des signes de qualité et des certificats d'aptitudes.</p> <p>Rationalisation économique de l'élevage course.</p> <p>Professionnalisation des éleveurs de chevaux de selle.</p> <p>Sélection de chevaux faciles à utiliser.</p> <p>↗Salariés et ↗↗bénévoles.</p>
Cheval compagnon	<p>Le cheval est un compagnon de vie, revendication forte pour le bien-être animal.</p> <p>Renforcement des réglementations des pratiques équestres, consommation de viande de cheval interdite.</p> <p>Libéralisation des paris hippiques et organisation de courses virtuelles.</p>	<p>Effectifs ↘ (vieillesse de la population équine qui limite l'acquisition d'un nouvel animal).</p> <p>Importante dispersion géographique car l'élevage est d'abord un loisir de particuliers.</p>	<p>Marché centré sur la France.</p> <p>Naissances de poulains chez des (i) cavaliers propriétaires de juments, (ii) éleveurs de chevaux de selle avec objectif de longévité et d'esthétique, (iii) éleveurs de races locales (utilisations spécifiques).</p> <p>Valorisation et commercialisation par les éleveurs.</p> <p>↘ enseignants d'équitation, entraîneurs.</p> <p>↗ emplois de conseils en élevage, soins.</p>

Plusieurs **problématiques d'intérêt** pour la filière, **communes aux quatre scénarios**, ont néanmoins été soulignées par la prospective (Jez et al., 2013). Tout d'abord, la **relation homme-cheval**, présente sous des formes différentes selon les scénarios, est révélatrice de l'évolution de la place du cheval dans la société française. Dans chacun des scénarios, la façon dont le lien s'établit et dont on « l'exploite » est un élément central à considérer. Sur le plan économique, tous les scénarios sont confrontés à des questions de **coûts de production** des chevaux et des activités ou services équestres. En particulier, les travaux du réseau économique de la filière équine (réseau REFerences) montrent que le coût de l'**alimentation** est un levier majeur à maîtriser (Morhain, 2011). Les coûts sont une composante essentielle de l'attractivité de l'élevage équin français et conditionnent l'efficacité de la filière par rapport à ses concurrentes étrangères. Il s'agit d'un enjeu majeur dans la perspective d'une démocratisation des loisirs équestres du « Tous à cheval », en particulier pour limiter les importations de chevaux à bas prix. C'est également un facteur important pour le scénario « le cheval des élites », dans lequel les acteurs de la filière devront être en mesure de réaliser des investissements pour attirer une clientèle aisée. Les coûts de production et d'entretien des

chevaux citoyens conditionneront par ailleurs la capacité des collectivités territoriales et autres institutions à soutenir durablement les activités en lien avec le cheval. Enfin, le scénario du cheval compagnon pose plus particulièrement la question du coût de gestion des chevaux âgés. Sur un plan organisationnel, un enjeu transversal à tous les scénarios est celui de la **gestion des évolutions ou des mutations** au niveau des **entreprises et des infrastructures** du secteur. Sur le plan social, les différents scénarios interrogent toutes les **dimensions sociales du travail et de l'emploi**, de différentes façons (e.g. risque de précarisation des emplois et de prestations non déclarées lié à la concurrence entre établissements dans le scénario « tous à cheval », nouveaux profils d'emplois dans le scénario du « cheval citoyen »). Les questions **environnementales** concernent également tous les scénarios et nécessitent de mieux caractériser les atouts de la filière, en particulier en lien avec la valorisation des surfaces en herbe, et les points de vigilance (e.g. gestion de l'eau). Avec une intensité variable selon les scénarios, la prospective fait également état d'une demande accrue de **médicalisation**, de **surveillance sanitaire** et de **bien-être** des chevaux. Le risque sanitaire transversal aux scénarios concerne en particulier les maladies émergentes ; d'autres questions transverses relatives à la santé portent sur la disponibilité de médicaments adaptés aux chevaux (autorisation de mise sur le marché contraignante et coûteuse) et sur la gestion des résistances aux antibiotiques et aux antiparasitaires. Une autre tendance lourde commune aux quatre scénarios est celle de la diminution drastique de la finalité bouchère et de ses conséquences sur la gestion de la fin de vie des chevaux. Enfin, la plupart des scénarios mettent l'accent sur la nécessité d'une **caractérisation précoce** des animaux, pour répondre à la différenciation de l'offre et à l'adéquation avec la demande.

Cette prospective, publiée en 2013, confortait en partie les **orientations de la recherche équine** publique française déjà engagées dans plusieurs organismes publics en lien avec l'IFCE (INRAE, établissements d'enseignement supérieur du ministère de l'agriculture, ANSES, CNRS, Universités), en particulier à l'échelle de l'animal. Elle soulignait toutefois la nécessité de développer plus avant les travaux relatifs (i) au comportement du cheval (caractérisation du tempérament, facteurs et indicateurs de bien-être) afin de mieux appréhender la relation homme-animal et contribuer à la sélection de chevaux adaptés à leurs utilisateurs, d'une part mais aussi pour faciliter l'innovation en matière d'éducation des chevaux, d'optimisation des performances et de longévité sportive ; (ii) à l'amélioration génétique pour contribuer à ce que les chevaux répondent aux attentes des utilisateurs de loisir, et non uniquement pour améliorer les performances sportives ; (iii) à la connaissance technique, économique et sociale des acteurs et des utilisateurs pour améliorer l'efficacité de la filière ; (iv) à la conduite d'élevage pour inscrire pleinement la filière équine dans une perspective de développement durable.

1.3. Objectifs de mes recherches

Mes travaux s'inscrivent dans l'objectif, souligné par la prospective, d'amélioration de la durabilité des productions équines. Ils mobilisent le cadre de l'agroécologie qui, dans son acception comme discipline scientifique, utilise les concepts de l'écologie pour concevoir et gérer durablement les systèmes de production. D'un point de vue opérationnel, l'agroécologie se définit aussi comme un ensemble de pratiques visant à amplifier les processus naturels qui opèrent au sein des agroécosystèmes pour concevoir des systèmes productifs, peu artificialisés, respectueux de l'environnement et moins dépendants des intrants (Gliessman, 2006; Wezel & Soldat, 2009). A partir du travail d'Altieri (2002), qui a identifié les processus écologiques clés à optimiser, Dumont et al. (2013) ont proposé cinq principes adaptés aux productions animales (**Fig. 2**): (P1) développer des pratiques de gestion intégrée pour améliorer la santé animale, (P2)

potentialiser l'utilisation des ressources naturelles et des coproduits pour diminuer les intrants nécessaires à la production, (P3) optimiser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour réduire les pollutions, (P4) gérer la diversité des ressources et la complémentarité des animaux pour améliorer les performances et renforcer la résilience des élevages, et (P5) adapter les pratiques d'élevage de manière à préserver la biodiversité et à assurer les services écosystémiques associés.



Figure 2. Les cinq principes agroécologiques pour l'élevage proposés par Dumont et al. (2013)

En lien avec le **principe P1**, une partie de mes recherches, conduites en collaboration avec des collègues parasitologues, vise à **réduire l'utilisation des anthelminthiques de synthèse pour gérer le parasitisme gastro-intestinal des chevaux**. Les chevaux au pâturage sont infestés par des strongles appartenant aux sous-familles des Cyathostominae et des Strongylinae (Lichtenfels et al., 2008). Cette seconde sous-famille comprend *Strongylus vulgaris*, une espèce particulièrement pathogène mais dont la prévalence a fortement diminué sous l'effet des traitements (Herd, 1990). L'infestation par les cyathostomes (ou petits strongles) est majoritaire et entraîne des symptômes plus bénins, notamment un retard de croissance chez les jeunes animaux. Toutefois, l'émergence massive de larves enkystées à partir de la muqueuse cœcolique (cyathostomose larvaire) se traduit par divers signes cliniques (e.g. diarrhée, hypoprotéinémie, amaigrissement) (Giles et al., 1985) et constitue aujourd'hui la principale cause de décès d'origine parasitaire chez les jeunes chevaux (Salle et al., 2020). Le contrôle des petits strongles se heurte, en France comme à l'échelle mondiale, à la diminution d'efficacité des anthelminthiques consécutive à leur utilisation massive et insuffisamment raisonnée (Canever et al., 2013; Salle et al., 2017). Seuls un nombre limité de nouveaux traitements ont été mis sur le marché récemment et certains sont soumis à l'apparition rapide d'isolats résistants (Scott et al., 2013). La classe des lactones macrocycliques (ivermectine, moxidectine) reste la plus active, mais présente des répercussions au plan environnemental du fait de sa toxicité vis-à-vis de la faune coprophage (Verdu et al., 2018). Pour répondre au défi représenté par la résistance et contribuer à une gestion durable des infestations par les strongles chez les chevaux, nous étudions plus particulièrement (i) les **modes de conduite des troupeaux au pâturage permettant de réduire le contact entre l'hôte et le stade larvaire infestant** et (ii) les potentialités offertes par les **plantes bioactives** (Hoste & Torres-Acosta, 2011).

Une part importante de mes travaux s'inscrit dans le cadre du **principe P2**, dont l'objectif est de réduire les intrants utilisés pour l'alimentation des animaux d'élevage. Cette réduction peut s'opérer via l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des aliments par les animaux et/ou le recours plus important à des ressources naturelles et des coproduits peu onéreux et non compétitifs avec l'alimentation humaine. En lien avec cette seconde stratégie, nous produisons des connaissances qui favorisent une **valorisation plus importante de l'herbe pâturée dans l'alimentation des chevaux**. En France, l'autonomie alimentaire totale (exceptés les compléments minéraux) n'est le fait que d'un tiers des exploitations herbagères élevant des équins (Morhain, 2011). Les élevages diversifiés sont généralement plus autonomes, en particulier dans le cas de l'association des chevaux de trait avec des bovins. Le suivi de 250 exploitations professionnelles de grande taille (plus de cinq juments reproductrices) par le réseau REFERENCEs montre que l'alimentation des chevaux de sport de valeur économique élevée constitue un des principaux postes de charges opérationnelles (20 à 25%), avec la reproduction et la valorisation. Dans ces élevages, le système d'alimentation repose sur la distribution d'aliments conservés pour sécuriser les performances, y compris lorsque les animaux exploitent des prairies où la végétation est abondante et de qualité (Moulin, 1997). Les exploitations qui valorisent le plus l'herbe pâturée dans l'alimentation des animaux sont celles qui élèvent des chevaux pour la viande ou le loisir. Les élevages de chevaux de valeur économique moyenne occupent une position intermédiaire, l'utilisation de l'herbe pâturée restant néanmoins limitée par le manque de confiance des éleveurs vis-à-vis de la capacité de cette ressource à couvrir les besoins nutritionnels de leurs animaux. Dans ce contexte, nos recherches visent à établir les **lois de réponse de l'ingestion et des choix alimentaires** des chevaux au pâturage selon différents facteurs de variation liés au couvert végétal, aux animaux et à la conduite des troupeaux.

Le **principe P4** stipule que la valorisation de la diversité des ressources alimentaires, des animaux et des productions au sein des systèmes d'élevage herbagers peut améliorer conjointement leurs performances économiques et environnementales, et renforcer leur résilience face aux aléas climatique et de marché (Kremen et al., 2012). Dans les agroécosystèmes diversifiés, la redondance fonctionnelle est supposée accroître la stabilité du système de production. Des processus spécifiques entrent aussi en jeu, comme le pâturage mixte entre différentes espèces qui « dilue » la charge parasitaire des animaux en raison de la spécificité d'un grand nombre de strongles digestifs à leur hôte (Rocha et al., 2008; Torres-Acosta & Hoste, 2008). L'effet « portefeuille » suppose que les écosystèmes diversifiés sont composés d'espèces aux traits et aux capacités adaptatives complémentaires, si bien qu'ils comporteraient des espèces adaptées à chaque type de perturbation et resteraient ainsi productifs (Figge, 2004). En économie, le concept d'économies de gamme stipule que l'utilisation partagée de facteurs de production entre ateliers peut permettre de réduire le coût de production de chacun des produits (Roest et al., 2018). Les effets de la diversification des systèmes d'élevage sur la charge de travail et son organisation doivent néanmoins être précisés. Les exploitations agricoles françaises élevant des équins présentent généralement une surface en prairies supérieure à 80% (Bigot et al., 2020). Les bovins sont présents dans la moitié des exploitations en élevage de chevaux de trait et dans une exploitation sur six dans les structures avec chevaux de sang. Sur l'ensemble du territoire national, les équins sont plus fréquemment associés à des troupeaux bovins allaitants ; les effectifs équins sont également plus importants dans les exploitations avec des bovins à viande que dans les exploitations laitières (Morhain, 2011). Alors que les références sur le fonctionnement et les atouts possibles de ces systèmes sont peu nombreuses, les enquêtes que nous réalisons auprès d'**élevages mixtes associant chevaux de selle et bovins allaitants** visent à préciser leurs **bénéfices et limites**

comparativement aux élevages spécialisés équins. A l'avenir, j'envisage d'étudier **comment leur niveau de diversité et leur gestion** (en particulier le niveau d'intégration entre les ateliers) **module leurs performances et leur résilience.** En parallèle, une approche expérimentale nous permet d'explorer les **mécanismes sous-jacents** au fonctionnement de ces systèmes diversifiés.

Enfin, certains de mes programmes intègrent l'analyse de l'impact du pâturage équin sur la biodiversité prairiale, en lien avec le **principe P5**. L'intensification de l'agriculture et son homogénéisation ont largement contribué à l'érosion de la diversité floristique et faunistique dans les agroécosystèmes tempérés. Or, un grand nombre de fonctions écologiques et de services écosystémiques tels que le recyclage des nutriments, la production de fourrages et la pollinisation sont intimement liés à la biodiversité. A l'échelle de la parcelle, la gestion de la prairie dans un objectif de production s'oppose généralement à sa gestion dans un objectif de conservation (Plantureux et al., 2005). Ainsi, la biodiversité prairiale augmente de façon conjointe avec la réduction du taux d'utilisation de l'herbe (Dumont et al., 2009; Klimek et al., 2007), mais ceci conduit à une diminution du niveau de production par unité de surface. Il est donc nécessaire d'identifier des pratiques de pâturage permettant de préserver la biodiversité tout en assurant de bonnes performances économiques. En élevages de ruminants, différents auteurs ont par exemple rapporté l'intérêt de mobiliser la temporalité des périodes de pâturage (Farruggia et al., 2012; Franzén & Nilsson, 2008). A l'échelle de l'exploitation, maintenir des modes de gestion contrastés des parcelles permet de préserver des espèces végétales et animales qui dépendent de différents habitats. A cette échelle, les objectifs de production et de conservation ne sont pas nécessairement en conflit (Jouven & Baumont, 2008) car les deux peuvent bénéficier d'une stratégie de gestion fondée sur l'attribution de fonctions spécifiques aux parcelles en fonction du type de végétation, de leur potentiel de biodiversité et de leur localisation. En dépit de l'importance des prairies mésophiles dans l'alimentation des chevaux en Europe, les références quantifiant l'impact du pâturage équin sur leur diversité végétale et animale sont quasiment inexistantes. L'effort de recherche a en effet essentiellement porté sur des milieux de « haute valeur naturelle » exploités par des équins conduits seuls ou en association avec des ruminants (Köhler et al., 2016; Loucougaray et al., 2004). La mise en œuvre de dispositifs pluriannuels sur des prairies mésophiles du centre de la France (Corrèze) nous permettent d'évaluer conjointement les **effets de différents modes de conduite du pâturage équin sur la biodiversité des prairies, leur potentiel alimentaire et les performances zootechniques des animaux.**

Mes recherches actuelles résultent d'une évolution graduelle depuis mes travaux de thèse centrés sur l'étude des déterminants des choix alimentaires du cheval au pâturage (**principe P2**) [*pub. 20, 18, 16, 10*]² (**Fig. 3**). Cette évolution, dont les principales étapes et leurs liens avec les principes de l'agroécologie sont présentés ci-après, est détaillée dans la partie 2.5 de ce mémoire (Bilan de ma trajectoire scientifique).

² Les références de mes travaux publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture sont listées p. 77 et 78 de ce mémoire

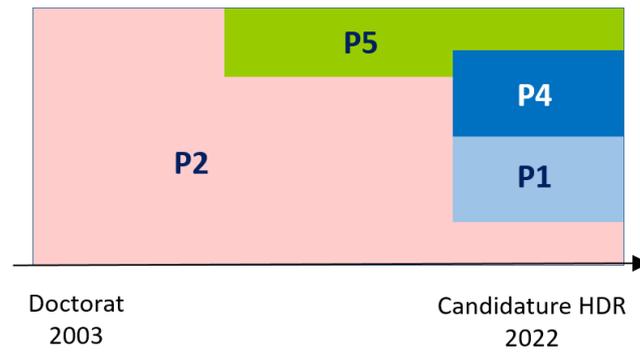


Figure 3. Positionnement de mes recherches selon quatre principes de l'agroécologie développés pour l'élevage par Dumont et al. (2013) (P1 : Gérer la santé animale de manière intégrée, P2 : Baisser les intrants en utilisant les processus écologiques, P4 : Utiliser la diversité pour accroître la résilience, P5 : Préserver la biodiversité en adaptant les pratiques)

J'ai réalisé mon doctorat sous la direction de Patrick Duncan (DR CNRS), en étant d'abord basée au Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CNRS UPR 1934) (79), puis à la Station Expérimentale de Chamberet (19) suite à mon recrutement par les Haras Nationaux en fin de première année de thèse pour développer des recherches sur l'alimentation du cheval au pâturage. A l'issue de mon doctorat en 2003, ma mission au sein de la Station Expérimentale a inclus la mise en œuvre d'un programme traitant de l'impact de l'alimentation sur la croissance osseuse du poulain, coordonné par l'INRA (resp. William Martin-Rosset) [pub.17, 15].

Désireuse d'être intégrée à une équipe de recherche et d'y développer mon propre programme sur le cheval au pâturage, j'ai rejoint en 2005 l'équipe « Relations Animal-Plantes et Aliments » (RAPA) de l'UMR 1213 Herbivores de l'INRA (Département Physiologie Animale et Systèmes d'Elevage, Centre de Clermont-Ferrand), dans le cadre d'une convention de partenariat entre les Haras Nationaux et l'INRA. J'ai ainsi pu bénéficier d'un environnement scientifique, au même titre que mes collègues accueillis dans différents Centres INRA selon leurs thématiques. Au sein de l'UMR Herbivores, dont la mission est de contribuer au développement de systèmes d'élevage durables, l'équipe RAPA conduisait des recherches visant à améliorer l'utilisation et l'entretien des espaces herbagers par les animaux. En particulier, il s'agissait d'analyser et de modéliser les relations entre les herbivores et le couvert végétal, et de caractériser et prévoir la valeur des ressources fourragères. Entre 2005 et 2014, j'ai co-encadré avec René Baumont et Bertrand Dumont de l'équipe RAPA deux thèses de doctorat visant à préciser les facteurs de variation de l'ingestion et des choix alimentaires des chevaux au pâturage (**principe P2**) [pub. 14, 13, 11, 8, 7]. En parallèle, j'ai personnellement développé une approche plus intégrée pour analyser l'impact de différents modes de conduite des troupeaux au pâturage sur le compromis entre performances animales et préservation de la biodiversité prairiale (**principes P2 et P5, Fig. 3**) [pub. 5, 9].

Lors de la réorganisation de l'UMR Herbivores en 2016, j'ai choisi d'intégrer l'équipe Conception, Modélisation et Evaluation des Systèmes d'Elevage (COMETE) (**Fig. 4**) car je souhaitais acquérir des compétences relatives à l'analyse du fonctionnement des élevages équins herbagers et m'intéresser aux opportunités offertes par la mixité avec les bovins pour améliorer leurs performances. L'équipe COMETE (i) évalue les performances techniques, économiques et environnementales des élevages d'herbivores et cherche à en comprendre les déterminants, (ii) analyse les liens entre pratiques d'élevage et services écosystémiques, (iii) conçoit et évalue des systèmes d'élevage innovants et durables, (iv) identifie les verrous et les leviers pour améliorer l'efficacité et la résilience des systèmes. Elle conduit ses recherches en mobilisant le cadre de la transition agroécologique, avec un focus particulier sur les systèmes

diversifiés. Ainsi, j'ai co-encadré entre 2016 et 2019 une troisième thèse visant à préciser les atouts et les limites de la mixité entre chevaux de selle et bovins allaitants au sein des exploitations herbagères (avec Bertrand Dumont, équipe COMETE et Geneviève Bigot, UMR Territoires), et j'ai personnellement étudié les mécanismes sous-jacents à l'association des deux espèces au pâturage (**principes P1, P2 et P4, Fig. 3**) [pub. 3, 2]. Enfin, en lien avec le **principe P1 (Fig. 3)**, je mobilise mes compétences sur le comportement alimentaire des chevaux dans le cadre d'un programme analysant les potentialités offertes par les plantes bioactives pour gérer le parasitisme gastro-intestinal chez les équins [pub. 4]. En particulier, je co-encadre depuis fin 2020 avec Guillaume Sallé (INRAE UMR Infectiologie et Santé Publique) une nouvelle thèse visant à identifier des plantes permettant de lutter contre les cyathostomes et à caractériser leurs modes d'action.



Figure 4. Organisation de l'UMR 1213 Herbivores depuis 2016. L'UMR Herbivores étudie (i) les déterminants de l'efficacité des animaux et des fermes, (ii) la construction, l'évaluation et la prédiction des qualités sensorielles et nutritionnelles des produits, (iii) la robustesse des animaux et la résilience des systèmes d'élevage, (iv) les impacts et les services environnementaux de l'élevage d'herbivores. L'équipe COMETE contribue aux axes (i), (iii) et (iv).

Au sein de mon établissement employeur l'IFCE (institut technique agricole sous la double tutelle des Ministères chargés de l'agriculture et des sports), je suis rattachée au service Recherche et Innovation du pôle Développement, Innovation et Recherche (Fig. 5). L'IFCE est né de la fusion, en 2010, des Haras Nationaux et du Cadre noir de Saumur. Le service Recherche et Innovation pilote le Conseil scientifique de la filière équine (composé de scientifiques et de représentants professionnels) qui priorise les besoins de recherche et de développement et finance les propositions de recherche pour le compte du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, du Fonds Eperon (soutien des courses envers des projets au bénéfice des autres secteurs de la filière) et de l'IFCE. Cinq ingénieurs de recherche IFCE, dont je fais partie, sont

2. SYNTHÈSE DE MES TRAVAUX

2.1. Les déterminants de l'utilisation hétérogène des prairies par les équins

2.1.1. Rôle des stratégies antiparasitaire et nutritionnelle

L'équipe « Herbivorie » du Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, au sein de laquelle j'ai effectué ma thèse (1999-2003), étudiait les stratégies d'acquisition des ressources alimentaires par différentes espèces d'herbivores sauvages et domestiques, en mobilisant le cadre conceptuel de l'approvisionnement optimal (*Optimal Foraging Theory*, OFT) (Stephens & Krebs, 1986). Cette théorie majeure dans la prévision du comportement alimentaire des animaux postule que la sélection naturelle favorise les individus qui maximisent leur gain d'énergie (ou de nutriments) et minimisent les coûts associés à son prélèvement. Au pâturage, le prélèvement effectué par les herbivores résulte d'une série de décisions prises à différentes échelles spatio-temporelles : à court terme, l'animal sélectionne des patches³ d'alimentation et des bouchées au sein de ces patches ; à plus long terme, les décisions stratégiques concernent, par exemple, la durée des phases d'alimentation. Cette série de décisions prises par l'individu est une adaptation aux contraintes d'ordre intrinsèque et extrinsèque qui lui sont imposées. Les contraintes intrinsèques intègrent les caractéristiques morphologiques et physiologiques des herbivores (qui se traduisent par des différences de besoins énergétiques, d'appétits au tri et de capacité digestive) et leurs caractéristiques cognitives et sociales (Illius & Gordon, 1993). Les contraintes extrinsèques dérivent en particulier de l'abondance et de la distribution spatio-temporelle des items alimentaires, de la qualité de la ressource et des mécanismes de défense des plantes (Belovsky & Schmitz, 1991; Owen-Smith & Novellie, 1982). D'autres contraintes liées à la présence de prédateurs ou de pathogènes dans l'environnement ont également été incorporées dans les modèles d'approvisionnement optimal pour en améliorer l'efficacité prédictive (Lima & Dill, 1990; Lozano, 1991). Ainsi, des travaux conduits chez les ruminants ont rapporté l'existence de stratégies d'évitement vis-à-vis des parasites gastro-intestinaux qui affectent leurs performances et leur survie (Cooper et al. 2000; Hutchings et al., 1998).

Parmi les herbivores généralistes de grand format, les chevaux se caractérisent par un comportement marqué d'**entretien de patches végétatifs ras au sein d'une matrice d'herbes hautes contaminées par leurs déjections [pub. 20, 10] (Photo 1)** (Carson & Wood-Gush, 1983; Edwards & Hollis, 1982; Ödberg & Francis-Smith, 1977). Mon travail de thèse visait à tester l'hypothèse défendue par Taylor (1954) selon laquelle ce comportement résulterait d'une **stratégie antiparasitaire**, les stades infestants étant majoritairement concentrés autour des déjections. J'ai également évalué le rôle d'une stratégie alternative, non nécessairement exclusive, selon laquelle le **maintien de zones d'herbes rases de bonne valeur alimentaire** dans le couvert permettrait aux chevaux de **maximiser l'ingestion de nutriments digestibles**. Les compétences de notre équipe, centrées sur les déterminants des choix alimentaires des herbivores liés à la végétation, ont pour cela été complétées par l'expertise en parasitologie de Jacques Cabaret, DR à l'UMR 1282 Infectiologie et Santé Publique du Centre INRA Val de Loire et de Iain Gordon, DR au Macaulay Land Use Research Institute (Ecosse).

³ Le mot « patch » sera utilisé dans ce mémoire au sens d'Illius & Hodgson (1996) : un patch est défini comme une agrégation spatiale de bouchées au niveau de laquelle le niveau d'ingestion instantanée reste relativement constant.



Photo 1. Entretien de zones d'herbe rase au sein du couvert par les chevaux (Plateau technique IFCE de Chamberet, G. Fleurance)

Au cours d'une première expérimentation conduite au sein du plateau technique IFCE de Chamberet, nous avons (i) caractérisé la **distribution spatiale du risque d'infestation** par les larves infestantes de strongles (L3, larves de 3^{ème} stade) au sein d'une prairie pâturée par 10 jeunes chevaux de selle et (ii) étudié la **sélectivité alimentaire des chevaux vis-à-vis du risque de contamination parasitaire et de la hauteur du couvert végétal**, en testant si cette sélectivité était modulée par le **statut parasitaire des individus [pub.16]**. La mesure de l'abondance en L3 à différentes distances des fèces (0-15cm, 16-30cm, 31-100cm, >1m) a montré que la quasi-totalité des larves infestantes de strongles (en majorité des cyathostomes) étaient présentes à moins d'un mètre des fèces. Le risque de contamination a donc été qualifié de « fort » lorsque les chevaux pâturaient à moins d'un mètre d'un crottin et de « faible » lorsqu'ils pâturaient au-delà. En première période, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle des chevaux naturellement infestés évitaient de s'alimenter à moins d'un mètre des fèces, et ce d'autant plus que leur charge parasitaire (approchée via le niveau d'excrétion d'œufs par gramme de fèces, OPG) était élevée. En seconde période, nous avons observé si les chevaux diminuaient leur aversion vis-à-vis des fèces lorsque leur infestation était réduite par la vermifugation (ivermectine). Enfin, nous avons comparé les choix alimentaires de cinq individus infestés expérimentalement avec des L3 de cyathostomes et de cinq individus vermifugés (ivermectine). Au cours de cette troisième période, la pénétration et l'activité des larves au niveau de la muqueuse constituaient le stress parasitaire. Les choix alimentaires des chevaux ont été déterminés par observations directes (scan) à chaque période, au cours de trois cycles de 24h. La disponibilité des différentes hauteurs d'herbe et la caractérisation du risque parasitaire étaient établis à partir de mesures systématiques réalisées sur des transects couvrant l'ensemble de la parcelle.

L'hétérogénéité de structure du couvert végétal était conforme à ce qui est rapporté dans la littérature pour des prairies pâturées par des chevaux. La corrélation entre les variables « risque parasitaire » et « hauteur d'herbe » était toutefois inexistante ou très faiblement positive selon les périodes, probablement car, là où le risque de consommation de L3 était faible (ie. à plus d'1m des fèces), la hauteur d'herbe était très variable. Le principal déterminant des choix alimentaires des chevaux était la disponibilité des différents sites alimentaires. Une fois cette disponibilité prise en compte, nous avons montré que **les chevaux évitaient de s'alimenter**

dans les zones d'herbes hautes (>16cm) de faible valeur nutritive, qu'elles soient ou non contaminées par des fèces (Fig. 6). Ce comportement était cohérent avec l'existence d'une stratégie nutritionnelle visant à maximiser l'ingestion de nutriments digestibles. **Les chevaux ont pâturé les patches dont la hauteur était inférieure à 16cm proportionnellement à leur disponibilité, là où le risque de contamination par les fèces était élevé (sauf en période 1 pour les classes 1-4cm et 5-8cm).** Toutefois, ces **patches de hauteur <16cm étaient fortement sélectionnés lorsque le risque parasitaire était faible** (sauf en période 1 pour la classe 1-4cm) (Fig. 6). Cette interaction entre hauteur d'herbe et risque parasitaire suggérait que le risque de consommation de L3 par les chevaux limitait leur sélection d'herbe courte à proximité des fèces et les conduisait à sur-sélectionner les patches de faible hauteur éloignés des fèces. La sélection des chevaux semblait donc résulter d'une **interaction entre une stratégie antiparasitaire et une stratégie nutritionnelle**. Contrairement à plusieurs études conduites chez les ovins (Hutchings et al., 2002a,b) mais en accord avec un essai réalisé chez le renne (van der Wal et al., 2000), **l'état parasitaire des chevaux dans notre expérience n'a pas affecté leurs choix alimentaires**. Ceci suggère que **l'histoire parasitaire** des individus pourrait influencer sur leur comportement.

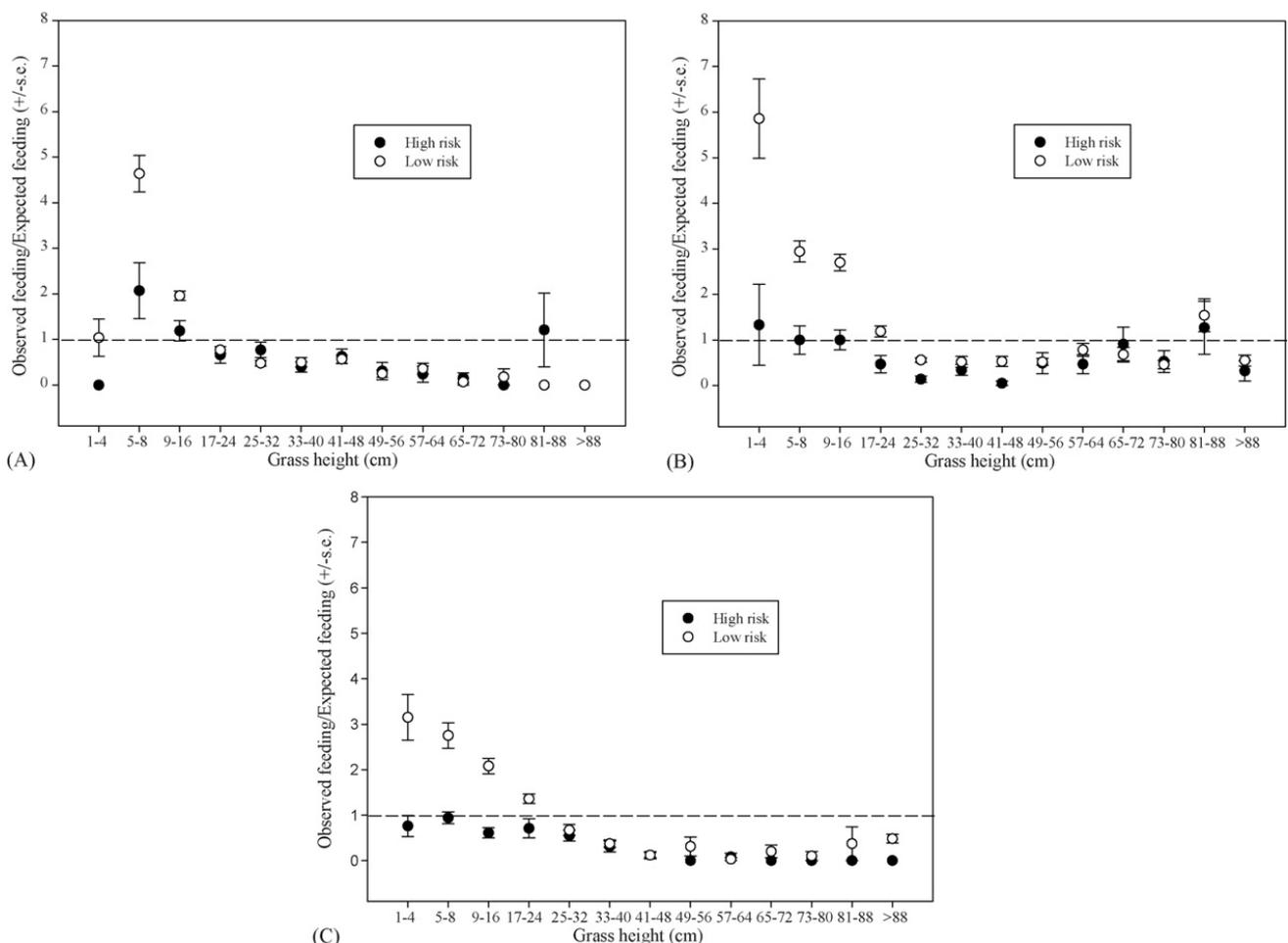


Figure 6. Sélection alimentaire des chevaux: ratio des choix alimentaires observés par rapport aux choix alimentaires attendus sous l'hypothèse d'une alimentation au hasard (i.e. selon la disponibilité des différentes combinaisons des 13 classes de hauteurs d'herbe et des deux niveaux de risque de consommation de larves infestantes : faible (>1m des fèces, cercles blancs) et élevé (<1m des fèces, cercles noirs). Ratio <1, évitement ; 1, utilisé proportionnellement au disponible ; >1, sélection. **(A)** Période 1 : individus naturellement infestés. **(B)** Période 2 : individus vermifugés. **(C)** Période 3 : Moitié des individus infestés expérimentalement, moitié des individus vermifugés (figure issue de [pub.16]).

Nous avons ensuite conduit un second essai, dans lequel nous avons soumis des jeunes chevaux de selle à un **compromis entre stratégie nutritionnelle et antiparasitaire**, afin de préciser l'importance relative des deux stratégies dans leurs choix alimentaires (ie. choix entre un couvert végétal offrant un gain nutritionnel élevé mais associé à un risque d'ingestion de L3 vs. un couvert végétal offrant un gain nutritionnel plus faible mais dépourvu de risque parasitaire) [pub. 18]. Nous étions conscients que le résultat obtenu dépendrait des coûts associés aux quantités de fèces et des bénéfices nutritionnels relatifs des deux types de couverts. Dans nos conditions, les deux couverts issus d'une prairie temporaire du plateau technique IFCE de Chamberet étaient de bonne qualité (ie. ils couvraient les besoins en énergie et en protéines digestibles des animaux). Les différences nutritionnelles se limitaient à un flux d'ingestion de matière sèche (MS) sur le couvert le plus avantageux supérieur de 36% à celui permis par l'autre couvert (respectivement N+, 52cm et N-, 15cm). A l'inverse, le stimulus fécal était important (P+ : 280g.m⁻² vs. P- : absence de crotin) car la densité de fèces était comparable à celle des zones de latrines au pâturage et incluait uniquement des déjections fraîches. Nous avons donc fait l'hypothèse que les choix alimentaires des chevaux seraient prioritairement guidés par leur stratégie antiparasitaire. Les chevaux, pour moitié infestés naturellement et pour moitié vermifugés, avaient le choix de répartir 100 bouchées (nombre de bouchées n'induisant pas de déplétion marquée) entre deux plateaux de végétation (**Photo 2**) selon les combinaisons suivantes: (1) N-P- vs. N+P- : choix nutritionnel sans risque parasitaire ; (2) N-P+ vs. N+P+ : choix nutritionnel avec risque parasitaire constant ; (3) N-P- vs. N-P+ : risque parasitaire variable au sein du couvert de valeur nutritionnelle plus faible ; (4) N+P- vs. N+P+ : risque parasitaire variable au sein du couvert de valeur nutritionnelle plus élevée ; (5) N-P+ vs. N+P- : choix contrôle, i.e. valeur nutritionnelle la plus faible associée au risque parasitaire vs. valeur nutritionnelle la plus élevée sans risque parasitaire ; (6) N-P- vs. N+P+ : compromis entre bénéfice nutritionnel et risque parasitaire. L'expérimentation a consisté en 144 tests : 12 individus × 6 choix × 2 réplicas. A partir de la pesée des plateaux avant et après chaque test et de l'observation des individus, nous avons déterminé la masse et la fréquence des bouchées prélevées sur chaque plateau, ainsi que la hauteur d'alimentation des animaux. Les analyses réalisées sur la végétation nous ont permis de caractériser les flux d'ingestion de MS, de MS digestible et de protéines digestibles permis par les deux couverts.



Photo 2. Choix nutritionnel sans risque parasitaire (Plateau technique IFCE de Chamberet, G. Fleurance)

Comme dans l'expérience précédente, nous n'avons **pas mis en évidence d'influence de l'état parasitaire des individus** sur leurs choix alimentaires. Tous les chevaux ont sélectionné le couvert végétal non contaminé par les fèces lorsque les bénéfices nutritionnels permis par les deux couverts étaient identiques (choix 3 et 4). En situation de contamination fécale équivalente entre les deux couverts, les chevaux ont privilégié celui permettant la vitesse d'ingestion instantanée de MS la plus élevée (i.e. N+, choix 1 et 2). Comme attendu, les individus ont sélectionné le couvert offrant le meilleur bénéfice nutritionnel lorsque celui-ci était non contaminé et présenté face au couvert N- P+ (choix 5). **En situation de compromis (choix 6), les chevaux ont sélectionné le couvert N+ offrant le meilleur bénéfice nutritionnel en dépit du risque parasitaire associé (Fig. 7)**. Ce résultat était inverse à notre hypothèse selon laquelle l'évitement d'un stimulus fécal fort outrepasserait l'attractivité pour un couvert présentant un avantage limité au plan nutritionnel. Il suggérerait que les coûts associés au parasitisme chez le cheval au pâturage pourraient être inférieurs à ceux associés à la sélection d'une ressource sous-optimale au plan nutritionnel. La survie des parasites dépendant de leur capacité à infester un hôte, la sélection pourrait favoriser ceux induisant des coûts modérés de sorte que les mécanismes d'évitement ou de défense de l'hôte soient limités.

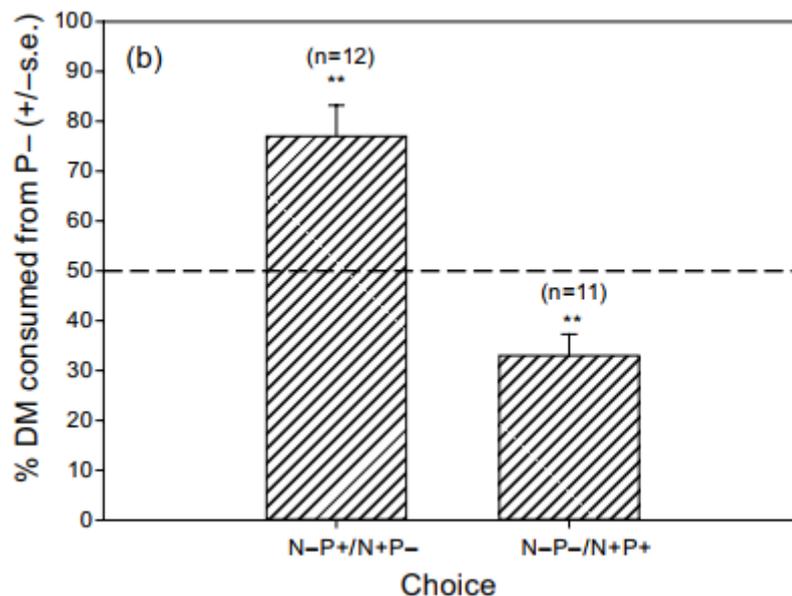


Figure 7. Proportion de la matière sèche consommée par les chevaux sur le plateau offrant un risque parasitaire faible pour les choix où le risque parasitaire (P+ : couvert contaminé, P- : couvert non contaminé) et le bénéfice nutritionnel (N+ : supérieur, N- : inférieur) variaient entre les deux types de couverts. Les deux groupes de chevaux (parasités, vermifugés) sont combinés car le statut parasitaire des individus n'affectait pas leurs choix alimentaires (t-tests, ** $p < 0.01$) (figure issue de [pub.18]).

Bien que nos conditions expérimentales aient été différentes d'une situation de pâturage où le couvert court est de meilleure qualité, le fait que la différence de bénéfice nutritionnel entre les deux types de couverts ait été faible et que le stimulus fécal ait été important suggérerait que la **priorisation des bénéfices nutritionnels** par les chevaux était un résultat robuste.

2.1.2. La réponse au compromis entre accessibilité et qualité du couvert

Dans la continuité de ma thèse, qui montrait que les choix alimentaires des chevaux au pâturage visaient prioritairement à maximiser les bénéfices nutritionnels, j'ai co-encadré la **thèse de Nadège Edouard** visant à préciser **l'influence des caractéristiques du couvert végétal sur le prélèvement des animaux** (2005-2008, 50% du temps d'encadrement avec Patrick Duncan, Directeur de thèse, CEBC-CNRS et René Baumont, INRA UMR Herbivores). Nos deux facteurs d'intérêt, i.e. **l'accessibilité et la qualité de l'herbe**, font varier la vitesse à laquelle les nutriments peuvent être ingérés et agissent directement sur les coûts et bénéfices associés à leur sélection par l'animal.

Au cours de sa première expérimentation, N. Edouard a testé l'hypothèse selon laquelle des chevaux, soumis à des **choix binaires entre des couverts végétatifs de différentes hauteurs** (17cm, 11cm, 6cm) **mais de bonne qualité constante** (Matières Azotées Totales, MAT : 18%MS ; parois totales, Neutral Detergent Fiber, NDF : 48%MS), sélectionneraient le couvert le plus accessible leur permettant de maximiser le flux d'ingestion de MS (Stephens & Krebs, 1986) [*pub.13*]. L'expérimentation a été conduite au sein du plateau technique IFCE de Chamberet selon un dispositif en carré latin. Trois tests consécutifs ont été proposés à trois groupes de trois jeunes chevaux de selle (2 ans) au cours de trois périodes. Au cours du premier test, nous avons mesuré la masse des bouchées prélevées par les individus sur des plateaux des trois types de couverts préparés par tonte puis repousse sur une prairie permanente fertile (cf. principe méthodologique décrit dans la partie 2.1.1). Lors du second test, nous avons mesuré les fréquences de bouchées et de mastications des individus pâturant un des trois types de couverts au sein de la même prairie. La surface journalière offerte (conduite au fil avant-arrière) a été déterminée de façon à ce que la quantité de MS soit non limitante et similaire entre les trois types de couverts, en prévision de mesures d'ingestion journalières (cf partie 2.2.3). Enfin, le troisième test a consisté à soumettre les chevaux aux choix binaires entre les différents couverts, chacun d'eux offrant une quantité de MS similaire et non limitante. Les préférences des animaux étaient évaluées par observations directes (scan) durant les 30 premières minutes de test et au cours de la journée entière (24h) pour détecter d'éventuels ajustements.

Même si la hauteur moyenne des trois couverts a diminué sous l'effet du pâturage des animaux, les différences d'accessibilité sont restées significatives jusqu'à la fin des tests. Comme observé par Gross et al. (1993) et Naujeck & Hill (2003), les chevaux ont augmenté leur fréquence de bouchées sur les couverts peu accessibles pour compenser la diminution de la masse de leurs bouchées. En situation de choix binaires, **les chevaux ont privilégié le couvert le plus accessible** et cette préférence était maximale lors des premières minutes de test. Lorsque nous avons mis en relation la sélectivité des chevaux vis-à-vis du couvert le plus accessible avec le **ratio des flux d'ingestion instantanée** ($\text{gMS}\cdot\text{min}^{-1}$) permis par chacun des couverts, nous avons montré que les **chevaux passaient 90% de leur durée d'alimentation sur le couvert le plus haut tant que ce ratio était supérieur à 1.6 (Fig. 8)**. Alors que la réponse des chevaux est proche de celle des bovins (Illius & Gordon, 1990), celle des ovins est moins marquée, probablement car leur taille inférieure et leur aptitude à pâturer plus ras que les bovins induisent un flux d'ingestion instantanée moins contraint sur l'herbe courte (**Fig. 8**). Les chevaux ont par ailleurs réalisé **moins de mastications par unité d'ingestion de MS sur le couvert le plus accessible**, entraînant de plus faibles coûts énergétiques. La préférence des chevaux pour le couvert végétatif le plus accessible était donc conforme avec les prévisions de l'OFT. En accord avec des travaux conduits chez les ruminants (Ginane et al., 2002; Illius et al., 1999), les **chevaux n'ont toutefois pas pâturé exclusivement le patch le plus bénéfique** ce qui pourrait résulter de préférences partielles ou d'un comportement d'échantillonnage.

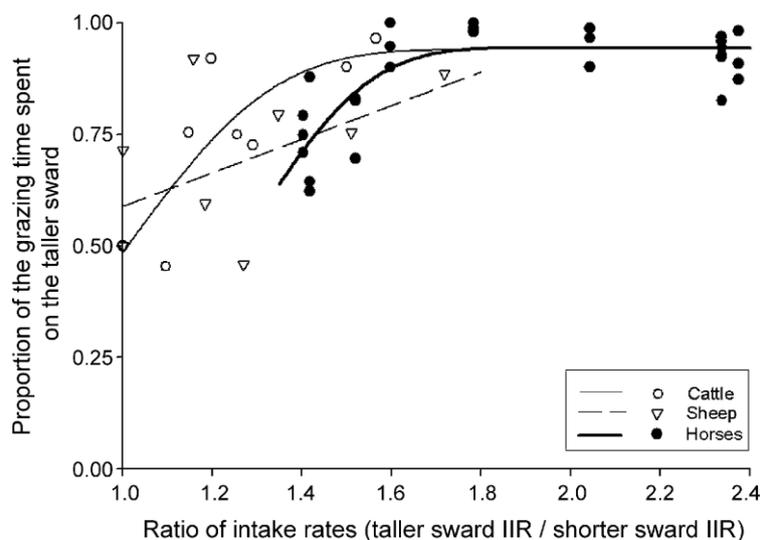


Figure 8. Proportion de la durée d'alimentation passée sur le couvert végétatif le plus accessible (30 premières minutes de test) selon le ratio du flux d'ingestion de MS entre les deux couverts, pour des chevaux (notre étude), des bovins et des ovins (Illius & Gordon, 1990) (figure issue de [pub.13]).

Au printemps, lorsque le couvert végétal est de bonne valeur alimentaire, il est donc attendu que les chevaux pâturent l'herbe végétative haute qu'ils peuvent ingérer plus rapidement. Mais **avec l'avancée de la saison, la qualité des patches offrant le flux d'ingestion instantanée de MS le plus élevé diminue, tandis que les patches permettant une digestibilité élevée sont faiblement accessibles et offrent un flux d'ingestion de MS limité.** Dans la continuité de sa première expérimentation, N. Edouard a donc étudié comment les chevaux ajustent leur comportement alimentaire face au **compromis entre flux d'ingestion de MS et qualité de l'ingéré [pub.11]**. Elle a testé si les chevaux sélectionnaient la végétation leur permettant de maximiser l'ingestion instantanée de MS digestible, d'énergie et/ou de protéines, d'une part et elle a mesuré les conséquences des choix effectués sur leur ingestion journalière, d'autre part (cf. partie 2.2.3). Trois types de couverts ont été utilisés : un couvert court composé de repousses végétatives, un couvert haut au stade reproducteur et un couvert de hauteur et de qualité intermédiaires. Chez les ruminants de format comparable à celui du cheval, différentes études ont montré que les individus sélectionnaient le couvert d'accessibilité et de qualité intermédiaires, et qu'ils renforçaient cette sélection au fur et à mesure de la maturation du couvert le plus accessible (Fryxell, 2008 pour une revue). Le cheval constituait un autre modèle d'étude intéressant car son système digestif lui impose des contraintes différentes de celles prévalant chez les ruminants. En particulier, le cheval est capable d'ingérer de plus grandes quantités de fourrages de qualité médiocre (Duncan, Foote, Gordon, Gakahu, & Lloyd, 1990) ; sa réponse au compromis entre quantité et qualité de l'herbe était donc susceptible d'être moins prononcée.

Les trois types de couverts, de hauteur (7 à 84cm), biomasse (52 à 884gMS.m⁻², coupe au ras du sol) et qualité (MAT : 7 à 14%MS, NDF : 55 à 65%MS) différentes, ont été préparés par tonte puis repousse sur une prairie permanente fertile du Plateau technique IFCE de Chamberet. Trois groupes de deux jeunes chevaux de selle (2 ans) ont été soumis à trois tests au cours de trois périodes dans un dispositif en carré latin. Au cours du premier test, nous avons mesuré la masse des bouchées prélevées par les individus sur des plateaux de chacun des types de couverts. Le second test consistait à mesurer la fréquence de bouchées et de mastications réalisée par les chevaux sur chacun des couverts au pâturage. Lors du troisième test, nous avons caractérisé par observations directes (scan) les préférences des chevaux soumis aux choix

binaires entre les trois couverts (première heure de test et journée entière) (**Photo 3**). La quantité de MS digestible offerte sur chaque couvert était non limitante et l'ingestion journalière des chevaux a été mesurée en situation de choix (cf. partie 2.2.3).



Photo 3. Choix binaires offerts entre des couverts d'accessibilité et de qualité variables (Plateau technique IFCE de Chamberet, N. Edouard)

Comme dans notre essai précédent, la hauteur des trois couverts a diminué sous l'effet du pâturage des animaux, mais les différences d'accessibilité sont restées significatives. L'écart de qualité entre les couverts s'est accru au cours de l'expérimentation car la maturation du couvert le plus haut s'est accompagnée d'une augmentation de sa teneur en parois. Les flux d'ingestion de MS, de MS digestible et d'énergie nette permis par les différents couverts offerts en choix étaient toujours supérieurs sur l'alternative la plus haute. A court terme, et avec une intensité plus modérée à l'échelle journalière, **les chevaux ont préféré s'alimenter sur le couvert le plus accessible en première période (couverts de bonne qualité) et sur l'alternative la plus courte aux périodes suivantes (maturation du couvert le plus haut)**. Le facteur expliquant le mieux les choix alimentaires des chevaux était le **flux d'ingestion de protéines digestibles (Fig. 9)**. En première période toutefois, les deux chevaux soumis au choix entre le couvert le plus court et le couvert le plus haut (SG/TP, **Fig. 9**) ont pâturé plus longtemps le couvert le plus accessible sur lequel le flux d'ingestion de protéines digestibles était inférieur. Ce résultat est cohérent avec la conclusion de notre première expérimentation selon laquelle les chevaux sélectionnent les patches les plus accessibles lorsque la qualité de l'herbe est bonne. En effet, les trois couverts offraient alors des concentrations en protéines digestibles (38-74g par kgMS) conformes aux recommandations pour des fourrages destinés à ce type d'animaux (40 à 55g par kg MS ; INRA, 2015). Par ailleurs, l'herbe la plus accessible (TP) commençait seulement son processus de maturation et comprenait des feuilles longues de bonne qualité que les chevaux ont pu sélectionner. Ceci a pu conduire à une sous-estimation du flux d'ingestion de nutriments sur ce couvert en première période.

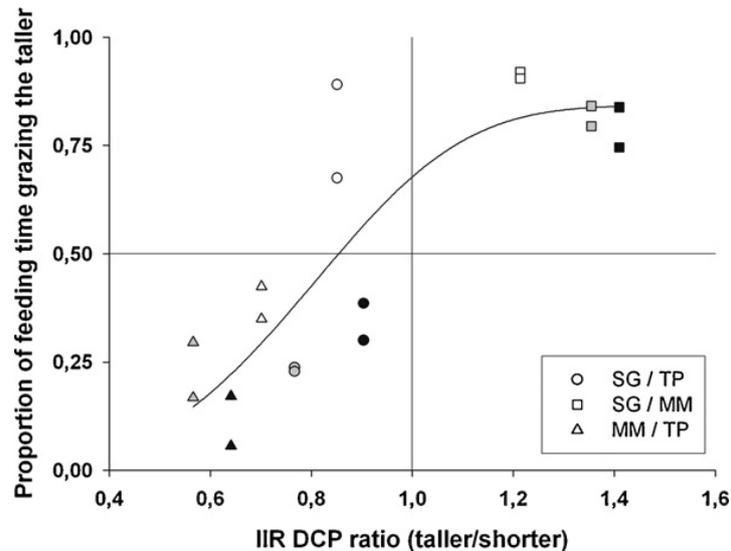


Figure 9. Proportion de la durée d'alimentation passée sur le couvert le plus accessible en situation de choix binaires (première heure de test) selon le ratio du flux d'ingestion de protéines digestibles entre les deux couverts (Instantaneous Intake Rate Digestible Crude Protein ratio) ; symboles blancs, gris et noirs pour les première, seconde et troisième périodes, respectivement. SG : short good quality sward ; MM : medium-height, medium-quality sward ; TP : tall poor quality sward (figure issue de [pub.11]).

Les chevaux, comme de nombreux herbivores, ne peuvent pas synthétiser plus d'une dizaine d'acides aminés essentiels tandis qu'ils peuvent mobiliser leurs réserves corporelles et compenser, dans une certaine mesure, des apports énergétiques limités (INRA, 2015). Dans une étude conduite par Pearson et al. (2001), la faible ingestion de paille par des équins a été expliquée par la teneur limitée en protéines de ce fourrage qui affectait la digestion microbienne dans le gros intestin. Les coûts énergétiques associés à une mastication plus importante du couvert haut mature par les chevaux ont également pu contribuer à expliquer l'évitement de ce couvert (Illius et al., 1995). Comme dans notre étude précédente, **les préférences des chevaux étaient toutefois partielles**, traduisant la nécessité pour les individus de réévaluer régulièrement l'offre et/ou la recherche d'une diversité nutritionnelle. En particulier, le maintien d'un **ratio protéines/énergie**, idéalement compris entre 28 et 48g de matières azotées digestibles (MADC) par mégacalorie (énergie nette) pour des chevaux de cet âge (Martin-Rosset et al., 1994), a pu les conduire à pâturer les différents types de couverts offrant des ratios contrastés (couvert haut mature : 36g MADC.Mcal⁻¹ en première période puis 25g MADC.Mcal⁻¹ aux périodes suivantes ; couverts court et intermédiaire : 57 g MADC.Mcal⁻¹ et 52 g MADC.Mcal⁻¹, respectivement). Ce comportement pourrait également limiter les coûts associés à l'excrétion des protéines, comme montré chez les ovins (Provenza et al., 1996).

En conclusion, les chevaux au pâturage sélectionnent des zones végétatives rases éloignées de leurs déjections et évitent de consommer l'herbe haute de faible valeur alimentaire. Ils réduisent ainsi probablement leur contamination parasitaire, la majorité des larves de strongles étant présentes à moins d'un mètre des fèces. Leur comportement face au compromis entre bénéfice nutritionnel et risque parasitaire suggère toutefois que les caractéristiques de la végétation influent majoritairement leurs choix alimentaires. Lorsque le couvert est au stade végétatif, les chevaux sélectionnent le couvert le plus accessible qu'ils peuvent pâturer rapidement, puis ils se reportent sur la végétation courte quand le couvert haut devient mature. Le principal déterminant de leur sélection semble être le flux d'ingestion de protéines digestibles.

2.2. Régulation de l'ingestion journalière des équins au pâturage

Dès ma thèse, je me suis également intéressée à préciser les quantités ingérées journalières de nutriments par les chevaux au pâturage. Celles-ci dépendent de la digestibilité de la végétation et de l'ingestion volontaire de MS, cette dernière variant plus largement selon différents facteurs liés à la végétation, aux animaux et à leur conduite (Illius & Jessop, 1996). Les déterminants de l'ingestion au pâturage des ruminants ont été bien documentés (Baumont et al., 2000; Van Soest, 1994) et ont permis de développer des modèles de prévision de l'ingestion en relation avec la disponibilité de l'herbe et la conduite des troupeaux (Delagarde et al., 2011 et Delagarde & O'Donovan, 2005 chez la vache laitière ; Jouven et al., 2008 chez la vache allaitante). Chez le cheval, les références d'ingestion au pâturage étaient particulièrement limitées au démarrage de ma thèse (mais voir Duncan, 1992 et Mesochina et al., 2000).

2.2.1. Réponse fonctionnelle chez des équins de différents formats

L'ingestion journalière de MS résulte du produit entre la vitesse d'ingestion instantanée de MS et la durée de pâturage journalière. Nous avons donc conduit une expérimentation pour étudier **l'influence de la quantité de ressource disponible sur la vitesse d'ingestion instantanée** chez le cheval (**réponse fonctionnelle** ; Holling, 1959) [*pub.12*]. L'ingestion instantanée individuelle était calculée à partir du produit entre la masse des bouchées, mesurée sur des plateaux de végétation de biomasses contrastées (82 à 513gMS/m², coupe au ras du sol), et la fréquence des bouchées mesurée au pâturage sur les mêmes couverts. Notre étude, conduite avec des équins de **différents formats** (poneys, 250kg; chevaux de selle, 600kg; chevaux de trait, 950kg) mis à jeun avant les tests, a permis de vérifier que la **forme asymptotique** de la réponse décrite chez plusieurs espèces d'herbivores (réponse fonctionnelle de type II ; Spalinger & Hobbs, 1992) s'appliquait pour des chevaux pâturant un couvert de prairie permanente fertile (**Fig. 10**). Elle complétait un premier travail conduit par Gross et al. (1993) sur des chevaux de selle pâturant un couvert de luzerne de bonne qualité. Ainsi, nous avons montré que le **temps de manipulation de la bouchée** (min.bouchée⁻¹, i.e. le temps nécessaire pour prélever et mastiquer une bouchée), qui limite la vitesse d'ingestion, **augmentait linéairement avec la taille de la bouchée** pour les trois formats de chevaux. Le **taux maximal de mastication de l'herbe** (gMS.min⁻¹) **augmentait avec le format des animaux**, confirmant que l'ingestion instantanée des équins de petit format est davantage contrainte quand la masse de bouchée augmente que celle des équins de grand format. L'intégration de la teneur en parois de la végétation dans le modèle (NDF : 53 à 68%MS) n'a pas amélioré la prévision du temps de manipulation de la bouchée, ce qui traduit une **relative tolérance des équins vis-à-vis de la fibrosité** de l'herbe dans la gamme testée. A l'inverse, certains travaux conduits sur des ruminants pâturant des couverts épiés rapportent une diminution de la profondeur et de la masse des bouchées, ainsi qu'un temps de manipulation accru (Benvenuti et al., 2006 pour des bovins ; Prache, 1997 pour des ovins).

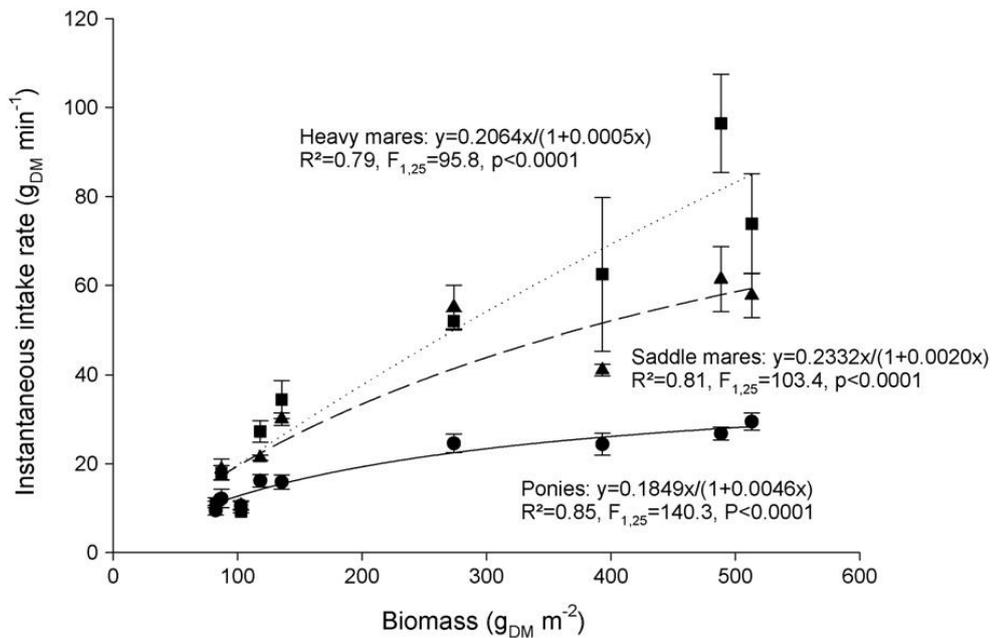


Figure 10. Vitesse d’ingestion instantanée de MS (\pm e.s., gMS.min⁻¹) chez des poneys (cercles, ligne pleine), des chevaux de selle (triangles, ligne de tirets) et des chevaux de trait (carrés, ligne pointillée) selon la biomasse végétale (gMS.m⁻²) (figure issue de [pub.12]).

2.2.2. Nouvelles références d’ingestion journalière et comparaison avec les bovins

Au cours de ma thèse, j’ai mobilisé une méthode de mesure de l’ingestion journalière des chevaux au pâturage qui venait d’être mise au point par le CNRS et l’INRA (Mesochina et al., 1998):

Ingestion journalière MS = $F/(1-dMS)$, avec :

F = poids sec total de fèces émis sur 24h (g MS) (récolte sur 3j successifs au minimum)

dMS = digestibilité de la MS (en valeur décimale) = $0.734 - (17.872/MAT_f)$ ($r^2=0.65$), avec MAT_f en g.kgMS⁻¹. Cette équation intègre les pertes d’azote d’origine non alimentaire et s’applique pour une teneur en MAT de l’herbe supérieure à 7g.kgMS⁻¹

J’ai ainsi pu acquérir des données originales d’ingestion chez des chevaux de trait [pub. 20] dans le cadre d’un programme de recherche analysant l’impact de différents herbivores (chevaux, bovins, oies) sur les dynamiques de végétation au sein de communaux du Marais Poitevin (coordinateur : UMR Ecobio du CNRS). J’ai également participé à une étude conduite à l’occasion de la thèse de Catherine Ménard (CEBC-CNRS, Directeur de thèse : P. Duncan), dans laquelle nous avons comparé l’ingestion volontaire de chevaux et de bovins en croissance au pâturage [pub. 19]. L’objectif du travail de C. Ménard était de préciser les mécanismes qui permettent aux équidés et aux bovidés de coexister dans de nombreux écosystèmes. En particulier, il s’agissait de tester l’hypothèse proposée par Janis (1976) selon laquelle (i) le système digestif plus efficace des bovidés leur permettrait d’extraire davantage de MS digestible que les équidés sur une végétation de qualité moyenne, (ii) le système digestif des équidés, peu contraint par la nécessité de réduire la taille des particules alimentaires, leur permettrait d’extraire davantage de MS digestible que les bovidés sur une végétation riche en fibres grâce à un flux d’ingestion plus élevé. Un premier travail conduit à l’auge par Duncan et al. (1990) avec des fourrages de qualités contrastées réfutait cette hypothèse et montrait que les

niveaux élevés d'ingestion de MS par les chevaux leur permettaient d'extraire davantage de nutriments que les bovins sur l'ensemble des fourrages. Notre étude au pâturage a conforté cette conclusion, la **supériorité d'ingestion de MS par les chevaux (Fig. 11)** leur ayant permis **d'assimiler davantage de nutriments que les bovins sur une végétation de qualité moyenne**. L'efficacité d'extraction des nutriments par les équidés pourrait expliquer pourquoi, dans la réserve d'Oostvaardersplassen aux Pays-Bas, des chevaux Konik présentaient un taux de croissance de leur population plus élevé que celui de bovins Heck (Vulink, 2001). Dans les écosystèmes de savane africaine, l'abondance plus élevée des bovidés (gnous, buffles) comparativement aux zèbres de plaine s'expliquerait, au moins en partie, par une sensibilité plus importante des équidés à la prédation (Grange et al., 2015; Grange & Duncan, 2006).

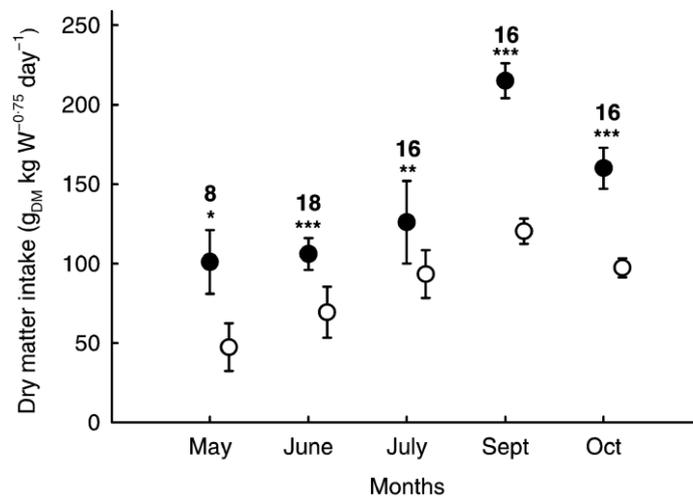


Figure 11. Ingestion de MS par des chevaux (cercles noirs) et des bovins (cercles blancs) au sein de prairies humides du Marais Poitevin. Le nombre de jours au cours desquels l'ingestion a été mesurée est indiqué pour chaque mois. Anova à deux facteurs : espèce × mois, $r^2=0.89$; effet de l'espèce, $F_{1,64} = 238$, $p<0.001$; effet du mois, $F_{4,64} = 7.05$, $p<0.001$; l'interaction est significative mais explique seulement 3% de la variance. Les différences significatives entre espèces pour chaque mois sont indiquées : * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ (figure issue de [pub.19]).

A l'issue de ma thèse, la synthèse des rares références d'ingestion au pâturage par le cheval (**Tableau 4**) permettait d'établir les constats suivants : (i) l'ingestion de juments Camargue en lactation au pâturage était comparable à celle de chevaux à forts besoins alimentés avec des fourrages à l'auge (32 à 40gMS kgPV⁻¹ pour des juments en lactation ; 36gMS.kgPV⁻¹ pour des poulains de selle en croissance ; Duncan et al., 1992 pour une synthèse). Toutefois, nous rapportions également une ingestion élevée chez des juments de trait à l'entretien [pub. 20], équivalente à celle de chevaux de Przewalski à l'entretien pâturant des prairies naturelles. Les valeurs obtenues dans ces deux études étaient très supérieures à celles mesurées chez des individus à l'entretien alimentés avec des fourrages à l'auge (17 à 20gMS.kgPV⁻¹ ; Duncan, 1992) ; (ii) chez des poulains en croissance, les valeurs d'ingestion rapportées au poids vif (PV) des individus étaient plus élevées pour des animaux de trait que pour des animaux de selle ; (iii) les niveaux d'ingestion d'animaux de même état physiologique pâturant des couverts végétaux de différentes natures pouvaient être très variables (e.g. 24 et 38gMS.kgPV⁻¹ pour des juments en lactation pâturant des prairies temporaires et naturelles, respectivement).

Tableau 4. Ingestions journalières de MS chez des chevaux au pâturage rapportées dans la littérature en 2005. PV : poids vif ; PN : prairies naturelles ; PT : prairies temporaires.

	Ingestion (gMS.kgPV ⁻¹ .j ⁻¹)	Milieu & conduite	Référence
Adultes entretien			
Juments de trait (674kg)	34	PN humides (<i>Marais Poitevin</i>) Continu	[<i>pub. 20</i>]
Chevaux de Przewalski (279kg)	35	PN & roselières (<i>Autriche</i>) Continu	Kuntz et al. (2006)
Juments lactation			
Pur-sang (560kg)	24	Prairies ray-grass et trèfle blanc (<i>Nouvelle-Zélande</i>) Continu	Grace et al. (2002a)
Camargue (372kg)	38	PN humides (<i>Camargue</i>) Continu	Duncan (1992)
Poulains croissance			
selle (1 an, 350kg)	20	Prairies ray-grass et trèfle blanc (<i>Nouvelle-Zélande</i>) Tournant	Grace et al. (2002b)
selle (1 an, 266-355kg)	12 – 16	PN ± fertilisées (<i>Australie</i>) Continu	Friend et al. (2004)
selle (1 - 2 ans, 340-480kg)	19 – 23	PT (<i>Corrèze et Normandie</i>) Tournant	Mésochina et al. (2000)
trait (2 – 7 ans, 410-850kg)	26 - 32	PN humides (<i>marais Poitevin</i>) Continu	[<i>pub. 19</i>]

Ces résultats, acquis dans une diversité de conditions de mesure (types d'animaux, types de prairies et modes de conduite), mettaient en évidence le **manque de travaux comparatifs en conditions contrôlées permettant de comprendre la nature des variations d'ingestion**. Ceci m'a conduit à co-encadrer deux thèses successives traitant de la régulation de l'ingestion chez le cheval au pâturage : (i) la **thèse de Nadège Edouard**, centrée sur **l'influence de l'accessibilité et de la qualité du couvert prairial sur le comportement alimentaire du cheval** (cf. partie 2.1.2 pour les résultats relatifs aux choix alimentaires des chevaux), puis (ii) la **thèse de Claire Collas** (2011-2014 ; 50% du temps d'encadrement avec B. Dumont, Directeur de thèse, INRAE UMR Herbivores), centrée sur **l'influence de la disponibilité de l'herbe et de la complémentation au pâturage**. Ces thèses ont respectivement porté sur le **jeune cheval de selle en croissance** et sur la **jument de selle en lactation**, deux types d'animaux pour lesquels une meilleure compréhension des conditions permettant de couvrir leurs besoins nutritionnels élevés au pâturage constituait un enjeu majeur.

2.2.3. Influence de la structure et de la qualité du couvert prairial sur l'ingestion

Au démarrage de sa thèse, N. Edouard a eu l'opportunité de valoriser un important jeu de données de l'INRA (collaboration W. Martin-Rosset & J.P. Dulphy, UMR Herbivores) permettant de préciser **l'influence de la qualité de fourrages (verts ou sec) distribués à l'auge**

sur la digestibilité et l'ingestion des chevaux [pub. 14]. La majorité des études publiées concluait à l'absence d'effet de la qualité des fourrages sur l'ingestion du cheval (Cymbaluk, 1990; Duncan, 1992; Martin-Rosset & Doreau, 1984), mais certains travaux rapportaient une diminution de l'ingestion volontaire sur des fourrages de qualité médiocre (Dulphy et al., 1997; Mésochina, 2000). Une limite de ces méta-analyses était qu'elles combinaient des données issues de différentes expérimentations, sans tenir compte des différences entre les procédures expérimentales, les aliments et les individus. L'étude de N. Edouard a mobilisé des données issues de 45 essais conduits à l'UMR Herbivores, à l'occasion desquels la digestibilité et les niveaux d'ingestion individuels de 21 chevaux de selle à l'entretien ont été mesurés sur trois types de fourrages de qualité variable (7 fourrages verts de prairies permanentes, 33 foins de prairies permanentes, 5 foins de luzerne ; MAT: 5.5% à 21.4% MS, NDF : 47.7% à 73.7% MS). Les relations entre l'ingestion de MS (mesurée par différence entre l'offert et les refus) et la digestibilité de la MS, entre la digestibilité de la MS et la qualité des fourrages et entre l'ingestion de MS et la qualité des fourrages ont été analysées (i) au niveau du groupe de chevaux pour permettre des comparaisons avec la littérature, à partir des valeurs moyennes d'ingestion et de digestibilité, (ii) à l'échelle individuelle en intégrant l'individu comme facteur aléatoire dans un modèle mixte. Le type de fourrage était intégré parmi les facteurs d'étude.

Comme rapporté dans d'autres travaux (Duncan et al., 1990 pour une synthèse), **la digestibilité de la MS a diminué avec la qualité du fourrage** (MAT et NDF), quelle que soit l'échelle d'analyse. **A l'échelle du groupe de chevaux**, l'ingestion moyenne a légèrement diminué lorsque la teneur en parois du fourrage augmentait ($R^2 = 0.10$), mais aucun effet de la teneur en protéines ou de la digestibilité n'a été mis en évidence. Notre analyse confirmait donc les précédentes revues bibliographiques selon lesquelles **la qualité du fourrage affectait peu l'ingestion** chez les chevaux. **Toutefois, quand nous avons considéré les différences entre individus**, nous avons montré que **l'ingestion augmentait avec la teneur en parois**, d'une part et **quand la digestibilité ou la teneur en protéines diminuaient**, d'autre part (**Fig. 12** pour la relation entre l'ingestion individuelle et la digestibilité de la MS des fourrages).

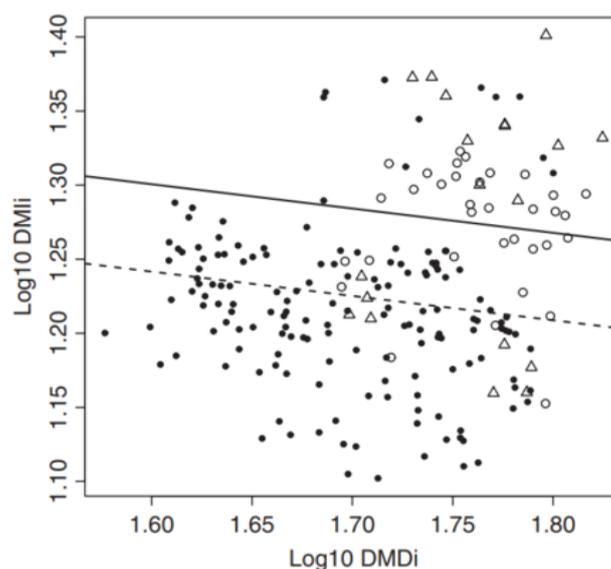


Figure 12. Ingestion individuelle de MS (DMI_i) en fonction de la digestibilité individuelle (DMD_i) pour les trois types de fourrages (cercles noirs : foins de prairie permanente, cercles blancs : fourrages verts de prairie permanente, triangles blancs : foins de luzerne) ; ligne pleine : fourrages verts et foins de luzerne : $\log_{10} DMI_i = 1.563 - 0.164 \times \log_{10} DMD_i$; ligne pointillée : foins de prairie permanente : $\log_{10} DMI_i = 1.504 - 0.164 \times \log_{10} DMD_i$ (figure issue de [pub.14]).

A l'inverse, d'autres études avaient montré que les chevaux réduisaient leur ingestion sur des fourrages très lignifiés tels que la paille (Dulphy et al., 1997; Vernet et al., 1995), ceci pouvant être lié à une palatabilité moindre et/ou aux contraintes de manipulation et de digestion du fourrage (Pearson et al., 2001). Les chevaux seraient donc capables d'augmenter leur ingestion sur les fourrages riches en parois, mais seulement **jusqu'à un certain seuil**. Dans notre étude, la **majorité des chevaux répondaient à une baisse de la valeur nutritive du fourrage en augmentant** (ou en tendant à augmenter) **leur ingestion**. Quelques autres **maintenaient leur ingestion constante ou la réduisaient, sans induire toutefois de déficit en termes d'apports énergétiques et protéiques**. Les coefficients de variation d'ingestion entre nos individus étaient compris entre 9% et 17% selon les fourrages et n'étaient pas expliqués par des différences d'âge, de format ou d'état physiologique. Cette **variabilité interindividuelle** pourrait résulter du processus de sélection chez les chevaux de selle qui n'est pas centré sur des critères de productivité mais sur des critères de performance en compétition et/ou de conformation.

A la suite de cette étude, nous avons **adapté la méthode de mesure de l'ingestion au pâturage** des chevaux en individualisant les déjections à l'aide de particules plastiques colorées distribuées dans une petite quantité d'aliments. En plus du soin porté à l'équilibre du design expérimental, la variable « individu » a été considérée en variable aléatoire dans les modèles statistiques de la thèse de N. Edouard. Ainsi, lors de son essai soumettant de jeunes chevaux de selle à des **couverts végétatifs de différentes hauteurs** (17, 11 et 6 cm ; cf. partie 2.1.2), N. Edouard a montré que la digestibilité de l'herbe ingérée par les chevaux était de 61%MS en moyenne, quel que soit le couvert. La **durée de pâturage** moyenne des individus ($14\text{h}\cdot\text{j}^{-1}$) était typique de l'espèce (12-16h ; Duncan, 1992) et **équivalente entre les trois couverts, comme l'ingestion journalière de MS** (en moyenne $21\text{gMS}\cdot\text{kgPV}^{-1}$). En cohérence avec des travaux précédents ([*pub. 12*], Naujeck & Hill, 2003), les **chevaux ont compensé la diminution de leur masse de bouchées sur les couverts moins accessibles en augmentant la fréquence de leurs bouchées**. Par ailleurs, la quantité d'herbe disponible, qui était près du double en condition de choix binaires comparativement aux couverts offerts seuls, n'a pas influencé les niveaux d'ingestion journaliers. Les chevaux ont ingéré en moyenne 1200g de MADC et 16Mcal d'énergie nette par jour, ce qui est supérieur aux apports recommandés (INRA, 2015) ; leur gain de poids vif était rapide, compris entre 570 et 740g.j⁻¹. De façon similaire, l'ingestion de MS rapportée par Mesochina et al. (2000) chez de jeunes chevaux de selle (1an) ne variait pas sur une gamme de hauteurs d'herbe comprise entre 5 et 35cm (quantité d'herbe offerte : 20 à 56kgMS par animal et par jour), mais les variations de disponibilité en herbe dans cette étude s'accompagnaient de variations non maîtrisées de sa qualité. Lorsque, dans le second essai de N. Edouard [*pub.11*], nous avons laissé le **couvert le plus haut devenir mature et que les chevaux ont été soumis aux choix entre les trois types de couverts** (hauteurs : 7 à 84cm, MAT : 7 à 14%MS, NDF : 55 à 65%MS), ils ont **pâturé en moyenne $14\text{h}\cdot\text{j}^{-1}$ quel que soit le choix offert**. La **digestibilité de l'herbe ingérée était plus faible lorsque le choix comprenait le couvert haut mature** (en moyenne 52.9 vs. 55.8%MS pour le choix entre le couvert court de bonne qualité et le couvert de hauteur et de qualités moyennes), **mais la quantité de fèces excrétée était supérieure** (en moyenne 11.5 vs. 10.3gMS.kgPV⁻¹). En conséquence, les **chevaux ont ingéré en moyenne $13\text{g MS digestible}\cdot\text{kgPV}^{-1}$ quel que soit le choix offert**, une valeur cohérente avec celle obtenue dans l'essai précédent sur des couverts végétatifs d'accessibilités variables. Par la modulation de leur durée d'alimentation sur les différentes alternatives, les chevaux ont donc adapté leur comportement à l'hétérogénéité de la ressource et ont satisfait leurs besoins nutritionnels.

Nos travaux avaient donc permis de préciser l'influence des caractéristiques du couvert végétal sur l'ingestion journalière et les choix alimentaires du cheval au pâturage. En revanche, **l'influence des caractéristiques des animaux et de leur conduite au pâturage n'était que très peu abordée dans la littérature** (Lamoot et al., 2005; Mesochina et al., 2000). En lien avec Bertrand Dumont (INRAE UMR Herbivores), avec lequel j'avais collaboré au cours de la thèse de N. Edouard, nous avons réfléchi un **nouveau projet de thèse** centré sur l'impact de l'état physiologique de la jument et de sa complémentation au pâturage. Ce projet était pour partie inspiré des enquêtes que j'avais réalisées en 2009 en exploitations herbagères de chevaux de selle qui montraient que les **animaux à forts besoins** (juments en lactation, chevaux en croissance) étaient fréquemment **complémentés au pâturage**, y compris au cours des périodes de pousse de l'herbe. Dans la continuité de la thèse de N. Edouard qui avait montré que la sélection des repousses végétales par les chevaux leur permettait de maximiser l'ingestion de protéines digestibles, nous avons imaginé une première expérimentation analysant l'influence (i) de l'état physiologique de la jument (entretien vs. lactation), d'une part et (ii) de la complémentation azotée chez la jument en lactation, d'autre part sur ses choix alimentaires face au compromis entre hauteur et qualité de l'herbe. Ce travail devait permettre de préciser l'aptitude du cheval à valoriser un couvert de qualité médiocre selon son état physiologique (en complément des travaux conduits chez l'âne et le poney ; Lamoot et al., 2005), et de tester la possibilité d'orienter les choix alimentaires des chevaux grâce à la complémentation (Farruggia et al., 2008 chez les bovins). Un second essai aurait eu pour objectif d'analyser l'influence de la nature de la complémentation (azotée vs énergétique) sur les quantités d'herbe ingérées par les juments de selle en lactation, et ainsi d'affiner une stratégie de complémentation pour des animaux à forts besoins pâturant des couverts limitants. Toutefois, une expérimentation préliminaire à ce programme de thèse nous a conduit à modifier notre stratégie. Au cours de cet essai, des juments en lactation ont préférentiellement pâturé un couvert court de bonne qualité face à un couvert haut épié, quel que soit leur niveau de complémentation azotée (couvrant 0%, 30% et 60% de leurs besoins azotés). Nous avons donc réorienté les objectifs de la thèse vers l'analyse (i) de **l'aptitude des juments de selle en lactation à couvrir leurs besoins nutritionnels** et ceux de leur poulain en conditions de pâturage **non limitantes** (ii) de l'influence de la **disponibilité en herbe** sur l'ingestion des juments, en interaction avec une **complémentation de nature énergétique** couramment mise en œuvre en élevage.

2.2.4. Effet de la quantité d'herbe offerte et de la complémentation énergétique

La première expérimentation de thèse de C. Collas visait à tester **l'intérêt d'une complémentation énergétique systématique chez la jument de selle en lactation**. Au-delà des impacts économiques et environnementaux négatifs liés à cette pratique, des apports nutritionnels excédentaires peuvent conduire à des problèmes de santé chez l'animal (e.g. coliques, ulcères gastriques) (Jansson et al., 2012). De plus, les travaux de la littérature suggéraient que la **capacité d'ingestion élevée des équins** pourrait leur permettre de **couvrir leurs besoins nutritionnels lorsque les ressources alimentaires ne sont pas limitantes**. En particulier, Thériez et al. (1994) avaient montré que des juments de trait en lactation alimentées *ad libitum* à l'auge couvraient leurs besoins énergétiques quelle que soit la qualité des fourrages. Sur le plan de la gestion du **parasitisme gastro-intestinal** toutefois, certains travaux rapportaient l'intérêt d'une complémentation énergétique pour **renforcer la réponse immunitaire de l'hôte** chez les ruminants (Celaya et al., 2010; Gómez-Rincón et al., 2007). Ainsi, nous avons comparé l'ingestion journalière, l'excrétion parasitaire et les performances zootechniques de juments en lactation complémentées avec de l'orge (à hauteur de 60% des besoins énergétiques de lactation, i.e. 2.5 kgMS.j⁻¹) avec celles de leurs homologues non

complémentées et pâturant la même prairie dans des conditions non limitantes [pub.8] (Photo 4).



Photo 4. Juments de selle en lactation pâturant en conditions non limitantes (plateau technique IFCE de Chamberet, J. Joly)

Notre étude a mobilisé 16 juments de selle en lactation infestées expérimentalement avec des larves de cyathostomes en début d'essai. Les juments, réparties de manière équilibrée entre les deux traitements, ont pâturé une prairie permanente fertile en rotation au cours de trois cycles de végétation entre juin et octobre (i.e. pendant leurs cinq premiers mois de lactation). Le chargement appliqué ($3.1 \text{ UGB} \cdot \text{ha}^{-1}$ au premier cycle, $1.5 \text{ UGB} \cdot \text{ha}^{-1}$ aux deuxième et troisième cycles) permettait d'offrir une quantité d'herbe non limitante tout au long de l'essai (50 à $78 \text{ kgMS} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$; hauteurs d'herbe entrée : 12 à 52 cm et sortie : 5 à 13 cm). Comme la contamination de la prairie en larves infestantes était négligeable en juin et juillet et que le délai entre l'ingestion de L3 par les chevaux et l'excrétion d'œufs est d'environ deux mois, les OPG mesurés chez les juments résultaient de leur infestation expérimentale et de l'effet potentiel de la complémentation énergétique. Les juments et leurs poulains étaient pesés à intervalles réguliers et les mensurations des poulains (hauteur au garrot, largeur de canon) ont été enregistrées à l'âge de 11 mois. L'ingestion journalière d'herbe par les juments était mesurée à chaque cycle. Pour les juments complétementées, l'excrétion fécale (en MS) attribuable à la consommation d'herbe a été calculée en soustrayant la MS indigestible attribuable à l'orge (INRA, 2015) de l'excrétion fécale totale (Delagarde et al., 1999). La quantité de MAT fécale attribuable à l'orge a été calculée à partir de la teneur en MAT de l'orge et de la digestibilité apparente de la MAT de l'orge (INRA, 2015) puis soustraite des calculs d'ingestion d'herbe. La durée de pâturage des juments et de leurs poulains était enregistrée à partir d'observations directes sur 24h (scan).

Le gain de poids vif des poulains au cours des trois cycles, ainsi que leurs **mensurations à 11 mois**, ont été **comparables** entre les deux traitements et **conformes aux recommandations**. Les **juments complétementées et non complétementées** ont maintenu une **note d'état corporel** (Martin-Rosset et al., 2008) et un **poids vif semblables** et tout à fait **satisfaisants** pendant l'essai. Notre étude montrait donc pour la première fois qu'il est **possible d'alimenter les juments de selle en lactation exclusivement au pâturage tant que la quantité et la qualité de l'herbe ne sont pas limitantes**. La complémentation énergétique des juments ne semble pas

avoir modifié le compromis d'allocation des ressources entre la condition corporelle des mères et la croissance du jeune puisque les performances des juments, d'une part et la croissance et la durée d'alimentation des poulains, d'autre part ont évolué de façon comparable dans les deux traitements. Chez des juments en lactation nourries *ad libitum* à l'auge, Doreau et al. (1993) rapportaient une répartition équilibrée des ressources alimentaires entre la mère et le jeune. A l'inverse, dans le cas de juments conduites en conditions de pâturage limitantes (Celaya et al., 2011), les ressources semblent avoir été prioritairement allouées au maintien de l'état corporel des mères, au détriment de leur production laitière et des performances des poulains. Au cours de notre essai, **les juments non complémentées ont augmenté leur ingestion de MS de 24%** (vraisemblablement grâce à l'augmentation de la fréquence et/ou de la masse de leurs bouchées) **et ont ingéré significativement plus d'herbe que les juments complémentées au troisième cycle (Tableau 5)**. En conséquence, **l'ingestion d'énergie nette était identique entre les juments des deux traitements aux deuxième et troisième cycles** et toutes les juments ont couvert leurs besoins énergétiques (122 à 137% selon le cycle chez les juments complémentées, 97 à 144% chez les juments non complémentées).

Tableau 5. Ingestion de MS d'herbe, de MS totale, de MS digestible (MSD) totale, d'énergie (E) nette et durée de pâturage chez des juments complémentées (C) et non complémentées (NC) au cours des trois cycles de pâturage. Trt = traitement, PV = poids vif. Pour chaque variable et chaque cycle de pâturage, les moyennes avec différentes lettres sont significativement différentes à $p < 0.05$. * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$ (tableau issu de [pub.8]).

	Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3		p		
	C	NC	C	NC	C	NC	Trt	Cycle	Trt × Cycle
Ingestion MS herbe (gMS.kgPV ⁻¹ .j ⁻¹)	23.5 ^a	22.6 ^a	22.7 ^a	25.4 ^a	21.7 ^b	28.0 ^a	0.077	ns	***
Ingestion MS totale (gMS.kgPV ⁻¹ .j ⁻¹)	27.5 ^a	23.0 ^a	26.7 ^a	25.8 ^a	25.2 ^a	28.4 ^a	ns	ns	***
Ingestion MSD totale (gMSD.kgPV ⁻¹ .j ⁻¹)	17.0 ^a	13.4 ^b	16.8 ^a	15.2 ^a	15.1 ^a	16.1 ^a	ns	0.089	***
Ingestion E nette (kcal.kgPV ⁻¹ .j ⁻¹)	45.2 ^a	34.9 ^b	45.1 ^a	40.1 ^a	42.3 ^a	44.2 ^a	*	0.072	***
Durée de pâturage (h.al ⁻¹ .j ⁻¹)	15.1 ^a	15.2 ^a	14.3 ^a	14.0 ^a	15.7 ^a	16.6 ^a	ns	***	ns

Notre étude montrait également que le **taux de substitution** (i.e. réduction de l'ingestion de fourrage en kgMS/ingestion de concentrés en kgMS) chez le cheval au pâturage pouvait être supérieur à 1, comme à l'auge (+0.3 à +2.4 selon le type de cheval et les caractéristiques des fourrages ; INRA, 2015). Enfin, nous n'avons **pas mis en évidence de différence d'excrétion d'œufs de strongles** entre les juments des deux traitements (augmentation de 150 à 2011 œufs.g⁻¹ de fèces en moyenne au cours de l'essai). Toutefois, comme l'ingestion d'énergie nette était équivalente entre les deux lots dès le second cycle, il était difficile de conclure quant à l'intérêt d'un apport additionnel d'énergie.

Dans la seconde expérimentation de C. Collas [pub.7], nous avons fait varier la **quantité d’herbe offerte** aux juments complémentées et non complémentées (disponibilité faible : $35\text{gMS.kgPV}^{-1}.\text{j}^{-1}$, intermédiaire : $52\text{gMS.kgPV}^{-1}.\text{j}^{-1}$ et élevée : $70\text{gMS.kgPV}^{-1}.\text{j}^{-1}$). Sur la base d’une consommation attendue de $25\text{gMS.kgPV}^{-1}.\text{j}^{-1}$ chez les juments non complémentées [pub.8], la valeur élevée de disponibilité en herbe a été choisie près de trois fois supérieure, et les disponibilités intermédiaire et faible offraient respectivement les 3/4 et la moitié de la quantité d’herbe offerte au niveau élevé. Ce travail a bénéficié de l’expertise de Rémi Delagarde (INRAE UMR Pegase) qui a conduit plusieurs travaux sur la régulation de l’ingestion au pâturage chez la vache laitière, incluant le rôle de la quantité d’herbe offerte (Delagarde et al., 2011).

Notre étude a mobilisé 18 juments de selle en lactation (2^{ème} et 3^{ème} mois), dont la moitié étaient complémentées avec de l’orge pour couvrir 60% des besoins énergétiques de lactation. Au cours de trois périodes successives de 15j, trois groupes de trois juments complémentées et trois groupes de trois juments non complémentées ont pâturé chaque niveau de disponibilité en herbe dans un dispositif en carré latin. Les juments et leurs poulains étaient conduits au pâturage au fil avant-arrière (avancé tous les deux jours) sur une prairie permanente fertile du Plateau technique IFCE de Chamberet. La nouvelle surface à offrir était déterminée à partir de la mesure de sa hauteur d’herbe moyenne et d’une régression entre la hauteur d’herbe et la biomasse actualisée chaque semaine. Le couvert végétal était également caractérisé par sa hauteur à l’entrée et à la sortie d’une surface de pâturage, et par sa qualité à l’entrée. A chaque période, nous mesurons l’ingestion journalière de chaque jument (MS d’herbe, MS totale, MS totale digestible, énergie nette, protéines digestibles), leur durée de pâturage et leur poids vif.

La hauteur d’herbe à l’entrée sur une nouvelle surface était similaire entre les trois traitements (27 cm en moyenne), mais la hauteur en sortie différait significativement (2.9, 4.4 et 5.7cm pour les disponibilité faible, intermédiaire et élevée, respectivement) (**Photo 5**).



Photo 5. Hauteurs en sortie de pâturage pour les traitements « disponibilité en herbe élevée » (gauche) et « disponibilité en herbe faible » (droite), respectivement (plateau technique IFCE de Chamberet, C. Collas)

L’ingestion d’herbe (MS) des juments a diminué de façon linéaire (de 23.4 à 18.5 $\text{gMS.kgPV}^{-1}.\text{j}^{-1}$) **en réponse à la réduction de la disponibilité en herbe** (i.e. diminution de 0.13 kgMS d’herbe ingérée par kgMS d’herbe offerte en moins), **indépendamment de la complémentation en énergie**. La vitesse d’ingestion des juments a d’abord été affectée (13.6

à 11.8gMS.min⁻¹ en moyenne sur les couverts de disponibilité haute et intermédiaire, respectivement) puis leur durée d'alimentation a diminué (1021 à 961 min.j⁻¹ en moyenne sur les couverts de disponibilité intermédiaire et faible, respectivement). Chez les juments des deux traitements, la réduction de l'ingestion de MS digestible (13.2 à 10.3gMS digestible.kgPV⁻¹.j⁻¹ en moyenne) s'expliquait principalement par la diminution de l'ingestion de MS. **Les juments complémentées en orge ont donc réalisé une ingestion totale digestible et en énergie supérieure** à celle des juments non complémentées (14.9 vs. 12.5 gMS digestible.kgPV⁻¹.j⁻¹ et 165.8 vs. 136.6kJ.kgPV⁻¹.j⁻¹, respectivement). **Elles ont systématiquement couvert leurs besoins énergétiques**, tandis que **les juments non complémentées couvraient 85 et 94%** de ces besoins sur les couverts de disponibilité **faible et intermédiaire**, respectivement. **Toutes les juments ont couvert leurs besoins protéiques** au cours de l'essai. A partir de la relation linéaire établie entre le niveau de disponibilité en herbe et l'ingestion de MS d'herbe, nous avons estimé à 66gMS.kgPV⁻¹.j⁻¹ (i.e. 39kgMS.jument⁻¹.j⁻¹) le **seuil de disponibilité en herbe** en dessous duquel il est nécessaire de compléter en énergie les juments de selle en lactation afin qu'elles couvrent leurs besoins énergétiques sur des repousses de bonne qualité (**Fig. 13**).

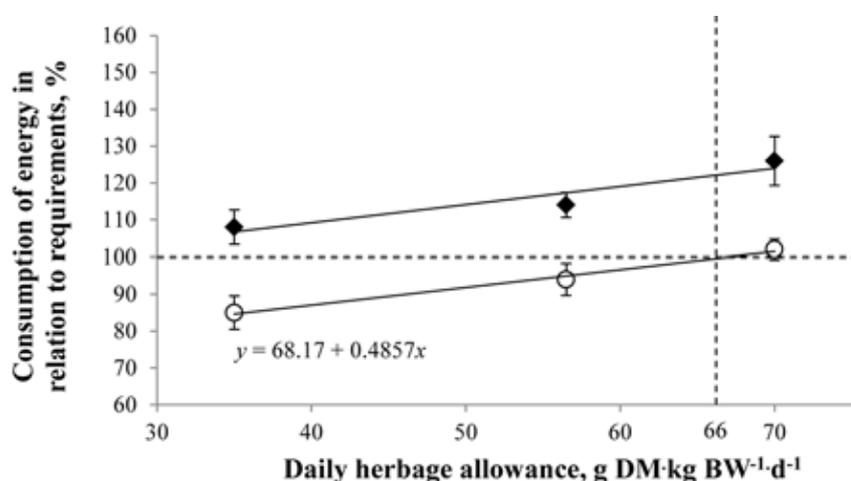


Figure 13. Taux de couverture des besoins énergétiques par des juments de selle en lactation en fonction de la complémentation énergétique (cercles noirs : juments complémentées avec 2.6 kgMS.j⁻¹ d'orge, cercles blancs : juments non complémentées ; p<0.001) et de la disponibilité en herbe (p<0.001) d'après les recommandations alimentaires de l'INRA (INRA, 2015). L'interaction entre la complémentation énergétique et le niveau de disponibilité en herbe est non significative ; effet linéaire de la disponibilité en herbe p<0.01. (figure issue de [pub.7]).

Ce seuil correspondait à une hauteur d'herbe en sortie de 5.4cm, considérant la relation linéaire positive entre la disponibilité en herbe et la hauteur d'herbe en sortie. Dans l'état actuel de nos connaissances, une hauteur d'herbe en sortie de 5cm pourrait être considérée comme un indicateur de référence approximatif pour ce type de couvert et de gestion du pâturage. Des travaux conduits chez la vache laitière, montrant l'influence de la hauteur d'herbe à l'entrée sur la valeur de sortie (Pérez-Prieto et al., 2013), suggèrent toutefois qu'il serait utile d'élargir notre analyse à une plus large gamme de structure de végétation avant pâturage. Notre étude, réalisée avec un niveau de complémentation énergétique conforme à ce qui est pratiqué en élevage, n'a pas mis en évidence d'interaction entre la complémentation et la quantité d'herbe offerte comprise entre 35 et 70 gMS.kgPV⁻¹.j⁻¹. Toutefois, des juments complémentées de la même manière dans notre essai précédent [pub.8] ingéraient moins d'herbe que des juments non complémentées sur un couvert de disponibilité supérieure (124gMS.kgPV⁻¹.j⁻¹). Par ailleurs, (Agabriel et al., 1982) ont mis en évidence une augmentation du taux de substitution chez des

poulains de trait alimentés avec de l'ensilage de maïs et une quantité croissante de concentrés. L'ensemble de ces résultats suggèrent de **possibles interactions entre le niveau de complémentation énergétique et le niveau de disponibilité en herbe** chez le cheval, comme observé chez les ruminants.

De par leur physiologie digestive, les chevaux sont capables de maintenir voire d'augmenter leur niveau d'ingestion de matière sèche pour couvrir leurs besoins nutritionnels dans une gamme de qualité de fourrages plus importante que les ruminants. Leur double rangée d'incisives les rend également davantage aptes que les bovins de même format à pâturer des couverts de faible accessibilité. Au sein de couverts d'accessibilité et de qualité variables, des poulains de selle couvrent leurs besoins nutritionnels en modulant leur durée d'alimentation sur les différentes alternatives. Alors que la complémentation énergétique des chevaux à forts besoins est une pratique courante en élevage, nos résultats obtenus chez la jument de selle en lactation montrent qu'elle est inutile lorsque les conditions de pâturage sont non limitantes et qu'elle conduit à une substitution de l'herbe consommée par le concentré. Cette complémentation s'est toutefois révélée nécessaire lorsque la disponibilité en herbe est devenue inférieure à $66\text{gMS.kgPV}^{-1}.\text{j}^{-1}$ sur nos couverts de bonne qualité.

2.3. Impact du pâturage équin sur la biodiversité des espaces pâturés

Mes travaux sur les déterminants des choix alimentaires et de l'ingestion des chevaux au pâturage m'ont conduite à m'intéresser à l'impact de leur prélèvement sur la biodiversité des écosystèmes pâturés en milieu tempéré. Ainsi, j'ai présenté deux synthèses bibliographiques sur le sujet à l'occasion de congrès européen (EWEN 2012, EAAP 2020) et j'ai intégré certains résultats relatifs aux milieux de parcours dans un article coordonné par Magali Jouven (SupAgro Montpellier) [*pub. 6*]. Cette **compilation des données de la littérature** (partie 2.3.1) mobilisait des résultats obtenus presque exclusivement dans des **milieux à haute valeur naturelle**. Dans les **prairies mésophiles** qui constituent un support majeur de l'élevage équin en Europe, **conserver ou augmenter la biodiversité nécessite de savoir intégrer ces objectifs à ceux de production** au sein des systèmes d'élevage. La mise en œuvre d'un dispositif expérimental pluriannuel au sein du plateau technique IFCE de Chamberet m'a permis d'évaluer simultanément l'effet de différents modes de conduite des chevaux au pâturage sur la biodiversité du couvert, son potentiel alimentaire et les performances zootechniques des animaux (partie 2.3.2).

2.3.1. Synthèse des connaissances acquises dans des milieux à haute valeur naturelle

Ma compilation récente de la bibliographie m'a permis d'identifier 40 articles scientifiques traitant de l'impact du pâturage équin sur la diversité floristique et faunistique en milieux tempérés. Trente-cinq articles concernaient des espaces à « haute valeur naturelle » (i.e. marais, prairies humides, landes, milieux dunaires, estives, prairies calcaires et prairies sèches) et cinq articles étaient consacrés aux prairies mésophiles. J'ai ainsi pu préciser comment le comportement alimentaire des équins impacte la biodiversité des milieux pâturés et comment l'action des chevaux peut être modulée par le chargement ou par la mixité avec des bovins.

Comparativement aux ruminants, l'ingestion de MS par les équins est faiblement affectée par les contraintes digestives. Les équins peuvent donc **consommer d'importantes quantités de fourrages grossiers** (graminées compétitives, roseaux et carex en zones humides), ce qui les

rend efficaces pour **maintenir des espaces ouverts et préserver leur diversité végétale et animale** (11 références). Dans une estive de moyenne montagne du Massif central par exemple, Loiseau & Martin-Rosset (1988) ont montré que le pâturage équin permettait un meilleur contrôle des graminées de faible valeur alimentaire (e.g. nard raide, *Nardus stricta* ; canche flexueuse, *Deschampsia flexuosa*) comparativement à un pâturage bovin à même chargement. Les équins présentaient un intérêt encore accru par rapport à des ovins de plus petit format (Martin-Rosset et al., 1981).

Du fait de l'absence de rumen, les équins sont **peu aptes à détoxifier les composés secondaires présents dans les dicotylédones**. Ceci explique, au moins en partie, que des **équins conduits en pâturage extensif soient moins efficaces que des bovins pour limiter le développement des ligneux** (cinq références). Aux Pays-Bas par exemple, une prairie naturelle humide pâturée par des chevaux Konik a été rapidement envahie par le sureau noir (*Sambucus nigra*), tandis que ce processus était fortement ralenti avec des bovins de race Heck conduits au même chargement (120kgPV.ha⁻¹ ; Vulink et al., 2000). Certaines études rapportent toutefois une **consommation significative de certaines espèces** par les équins, en particulier des **ajoncs** (*Ulex* spp.) (Aldezabal et al., 2013; Gonzalez-Hernandez et al., 2020; López López et al., 2017). Les références relatives à l'impact du pâturage équin sur les ligneux sont encore limitées et des recherches complémentaires sont nécessaires pour préciser le rôle des caractéristiques des animaux (e.g. format), de leur mode d'action (i.e. consommation, piétinement), de la conduite du pâturage (e.g. chargement, pâturage continu vs. tournant ; Gonzalez-Hernandez et al., 2020) et du type de ligneux (e.g. espèce, âge). Le pâturage mixte équin-bovin semble plus efficace que le pâturage équin, en particulier quand la disponibilité en herbe est limitante au sein des prairies du fait d'un chargement élevé ou en hiver par exemple (trois références, e.g. Osoro et al., 2017). L'utilisation limitée des dicotylédones par les équins permettrait toutefois de **préserver les plantes à fleurs et les insectes pollinisateurs**, comparativement à un pâturage par des ovins qui sont très sélectifs vis-à-vis de ces plantes (trois références ; e.g. Garrido et al., 2019; Stewart & Pullin, 2008). Les bénéfices du pâturage équin semblent moins évidents en comparaison d'un pâturage bovin, excepté à chargement faible comme explicité à la fin de cette partie en lien avec les effets du piétinement (cinq références ; e.g. Öckinger et al., 2006; van Klink et al., 2016).

Une autre caractéristique du pâturage équin aux conséquences importantes pour la biodiversité des couverts, est leur **utilisation hétérogène marquée de la végétation**. A l'échelle de la parcelle, le comportement du cheval conduit à une macro-hétérogénéité structurée en zones d'alimentation rases et en zones délaissées. Il produit également un transfert de fertilité, avec épuisement local des zones sur-pâturées et un enrichissement des zones de refus. Ainsi, le comportement du cheval conduit à des dynamiques végétales différentes, basées sur l'évolution de stratégies d'espèces différentes entre les deux types de zones (**Fig. 14**). A l'échelle locale, les zones sur-pâturées sont composées d'une végétation rase avec peu de biomasse sur pied, une faible production primaire mais une bonne qualité (feuilles jeunes). Dans ces zones, la végétation reconstitue peu ses réserves. Le système racinaire est chétif et souvent affaibli du fait de la faible quantité d'assimilats qui lui est alloué, l'essentiel servant à la reconstitution de l'appareil foliaire. Ces conditions sélectionnent des espèces de petite taille, à port prostré (espèces stolonifères) ou à rosette, avantagées par leur stratégie d'évitement du pâturage. Dans les zones refusées, la forte accumulation de biomasse s'accompagne d'une baisse de sa qualité (augmentation de la proportion de tissus de soutien riches en composés pariétaux). On y enregistre un enrichissement local en éléments nutritifs qui stimule la production primaire, d'où une forte compétition pour la lumière. Dans ces zones, sont sélectionnées des espèces de grande taille très compétitives ou eutrophes. Ces dernières présentent une stratégie rudérale, c'est-à-dire opportuniste, leur permettant de se développer très rapidement dans des zones enrichies en

éléments minéraux et de maintenir leur domination par une occupation de l'espace importante (grandes rosettes, feuilles larges et étalées) et un recrutement important de nouveaux individus (production d'une multitude de semences à même de germer dès que les conditions sont propices). En conséquence, l'hétérogénéité de structure créée par le pâturage peut **modifier le fonctionnement des communautés et induire des divergences persistantes dans la diversité des parcelles**.

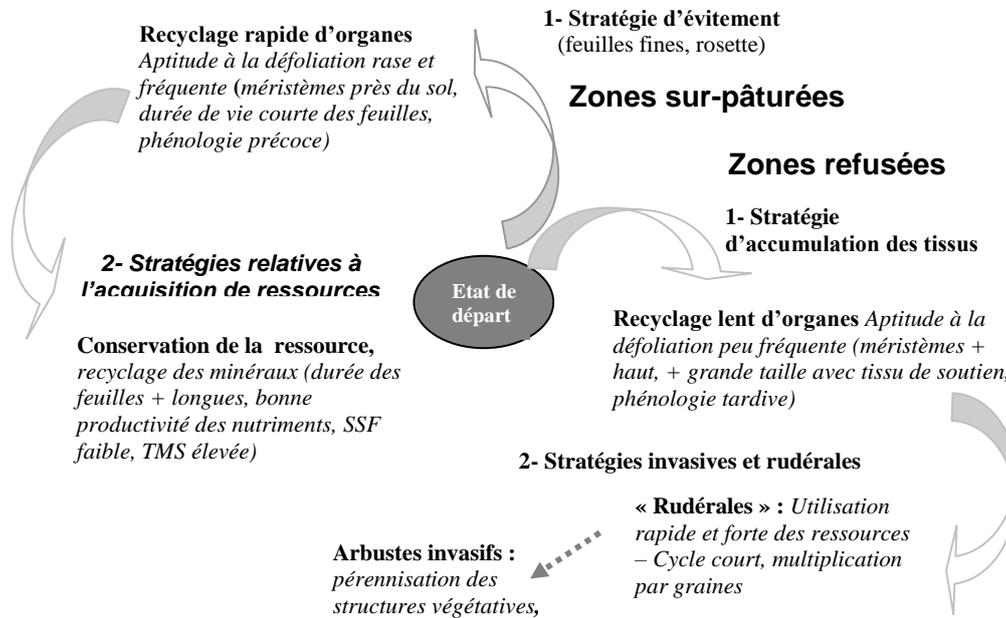


Figure 14. Trajectoire des dynamiques et évolution des stratégies des espèces végétales dans les zones rases et refusées, résultant d'un pâturage équin (d'après Carrère, 2007). SSF : surface spécifique des feuilles (rapport de la surface sur la masse des feuilles) ; TMS : teneur en matière sèche des feuilles.

Dans une prairie humide du marais Poitevin, la plus forte hétérogénéité structurale du couvert pâturé par des équins, comparativement à celui pâturé par des bovins à même chargement (en moyenne 765 kgPV.ha⁻¹), a conduit au bout de six années à une richesse spécifique plus élevée (Loucougaray et al., 2004). Les conséquences à plus long terme de la stabilité spatiale des zones bien pâturées et délaissées par les équins [pub. 9] n'ont toutefois pas été explorées. Dans l'étude de Loucougaray et al. (2004), le traitement associant équins et bovins, appliqué à même chargement modéré, présentait le plus grand nombre d'espèces végétales. Les bovins, dont le flux d'ingestion sur les zones rases créées par les chevaux était limité du fait de leur moindre aptitude à pâturer les faibles hauteurs d'herbe, se sont reportés sur les zones délaissées par les équins et ont limité leur envahissement par des espèces nitrophiles compétitives. Le mode de pâturage hétérogène des équins offre par ailleurs une **diversité d'habitats pour la faune prairiale** (six références). Ainsi, les zones végétatives rases favorisent l'alimentation d'herbivores de petit format qui recherchent une nourriture de bonne qualité (e.g. canard siffleur, *Anas penelope*, Durant et al., 2002; lapin de garenne, *Oryctolagus cuniculus*, Oosterveld, 1983) ou celle d'oiseaux insectivores qui y détectent plus facilement leurs proies (e.g. traquet motteux, *Oenanthe oenanthe*, Arlt et al., 2008 ; bergeronnette grise, *Motacilla alba*, Hoste-Danylow et al., 2010). Les zones d'herbe haute faiblement pâturées par les équins peuvent quant à elles être utilisées comme sites de nidification par exemple (e.g. pipit, *Anthus spp.*, Zalba & Cozzani, 2004).

Enfin, certains travaux ont analysé l'impact du **piétinement** des chevaux sur la biodiversité des couverts. Ainsi, dans une zone de marais des Pays-Bas pâturée par des équins ou des bovins au chargement de 1.0 animal.ha⁻¹ (van Klink et al., 2016), les auteurs expliquent la moindre abondance de l'aster maritime (*Aster tripolium*) dans les parcelles pâturées par les chevaux par le déplacement plus important de ces derniers. Au chargement de 0.5 animal.ha⁻¹ toutefois, les effets du piétinement étaient plus limités et l'abondance de l'aster maritime était supérieure dans les parcelles pâturées par les équins du fait de leur faible consommation des plantes à fleurs. Les effets négatifs du piétinement des chevaux conduits à chargement élevé ont également été rapportés vis-à-vis du succès reproducteur de différentes espèces d'oiseaux nichant au sol (Mandema et al., 2013; Zalba & Cozzani, 2004). Le piétinement des équins peut néanmoins avoir des effets favorables vis-à-vis d'objectifs spécifiques tels que la limitation du développement d'espèces arbustives de petite taille (myrtillier commun, *Vaccinium myrtillus*, Loiseau & Martin-Rosset, 1988).

2.3.2. L'allègement du chargement permet-il de concilier objectifs de production et préservation de la biodiversité au sein d'une prairie mésophile ?

Dans les prairies plus fertiles, les mécanismes du pâturage équin sont identiques (i.e. niveaux d'ingestion élevés, pâturage hétérogène, utilisation limitée des dicotylédones) mais les références quantifiant leurs effets sur la biodiversité des couverts étaient peu nombreuses. De plus, la question des équilibres possibles entre objectifs de conservation et de production n'avait pas été abordée.

Plusieurs études conduites chez les ruminants montraient que la réduction du chargement au pâturage permettait d'accroître la diversité végétale de prairies permanentes, en lien avec la moindre perturbation du milieu et l'augmentation de l'hétérogénéité du couvert (Dumont et al., 2009; Marriott et al., 2004). Un chargement modéré bénéficiait également aux lépidoptères, orthoptères et arthropodes du sol, en offrant un plus grand nombre de niches écologiques (Dumont et al., 2009; Wallis de Vries et al., 2007). Toutefois, le niveau de chargement impacte la quantité et la qualité de la ressource disponible pour les animaux au cours de la saison de pâturage. Ainsi, un chargement élevé limite la croissance des organes reproducteurs et la sénescence de la végétation mais, au fur et à mesure que la disponibilité de l'herbe diminue, l'ingestion journalière peut être limitée par la masse des bouchées. A l'inverse, sous chargement faible, le déséquilibre entre l'offert et les besoins des animaux conduit à la mise en place d'une hétérogénéité spatiale du couvert. Les animaux ne peuvent utiliser toute la ressource, le matériel reproducteur et sénescent s'accumule et entraîne une baisse de la digestibilité du disponible. Le comportement alimentaire des chevaux induisant une hétérogénéité structurale du couvert plus marquée que celui des ruminants, nous pensons que la mise en œuvre de **chargements contrastés en pâturage équin** pourrait conduire à des effets différents sur la **biodiversité et les caractéristiques nutritionnelles du couvert**. Nous avons donc mis en place une expérimentation pluriannuelle (2006-2009) au sein d'une prairie permanente fertile du plateau technique IFCE de Chamberet pour analyser les effets d'un allègement du chargement en pâturage continu (élevé : 1.8 UGB.ha⁻¹ vs. modéré : 1.1 UGB.ha⁻¹) sur : le comportement alimentaire de jeunes chevaux de selle, leurs performances zootechniques, la structure et la qualité du couvert, et la diversité floristique et de l'entomofaune [pub.5]. Ce dispositif a également été intégré au sein du programme Ecoger-Divherbe, dont l'objectif était d'analyser l'influence des pratiques (espèces d'herbivores et chargement) et des milieux (gradient de productivité) sur la structuration des couverts prairiaux et leur diversité [pub.9].

Notre dispositif comportait six parcelles de 2.7ha, de façon à ce que chaque traitement soit répliqué trois fois. Au chargement élevé, cinq chevaux de selle de trois ans pâturaient dans chaque parcelle de mi-avril à novembre, tandis qu'au chargement modéré, trois chevaux pâturaient chaque parcelle au cours de la même période (**Photo 6**). Tous les chevaux ont été retirés des parcelles expérimentales en août pour éviter la dégradation du couvert au chargement élevé. Les mesures sur la végétation et les observations du comportement des animaux (scan) ont été mises en œuvre chaque année début mai, fin juin et en octobre. Les variables relatives au couvert végétal intégraient : la hauteur, la biomasse et la qualité de l'herbe, ainsi que les bouchées disponibles pour les animaux, caractérisées selon le stade de végétation, sa hauteur (végétatif ras ≤ 4 cm, végétatif intermédiaire 5-8 cm, végétatif haut ≥ 9 cm, reproducteur ou sénescant) et la famille botanique dominante. Les choix alimentaires des chevaux étaient observés pendant un cycle de 24h à chaque saison (sauf la famille botanique dominante qui n'était caractérisable que le jour). La sélectivité des chevaux vis-à-vis des différents types de bouchées a été calculée à partir de l'indice de Jacobs (Jacobs, 1974). La digestibilité du régime alimentaire des chevaux a été déterminée à chaque saison à partir de l'équation de Mesochina et al. (1998), basée sur la teneur en azote des fèces. Le poids vif des chevaux était mesuré à chaque entrée et sortie des parcelles. Le nombre et l'abondance des espèces végétales dans chaque parcelle ont été mesurés en juin 2006 et 2009, à partir de 25 quadrats répartis au hasard ; l'équitabilité de leur distribution a été calculée à l'aide de l'indice de Shannon. Les arthropodes du sol ont été échantillonnés chaque année en juin, à l'aide de pièges répartis dans les zones végétatives et dans les zones d'herbe haute mature. Les orthoptères adultes ont été identifiés visuellement ou acoustiquement chaque année en juillet, le long de transects permanents.



Photo 6. Dispositif pluriannuel permettant d'analyser l'effet du pâturage équin conduit à deux niveaux de chargements (élevé, 1.8UGB.ha⁻¹ vs. allégé, 1.1UGB.ha⁻¹). Trois répliques de cette comparaison ont été mis en œuvre au sein du plateau technique IFCE de Chamberet (G. Fleurance).

Tous les chevaux ont sélectionné les graminées et, dans une moindre mesure, les légumineuses ; ils ont évité les diverses, en particulier dans les zones hautes. Dans les deux traitements, les chevaux ont sélectionné les zones végétatives rases (≤ 4 cm) et intermédiaires (5-8 cm) de bonne valeur nutritive en été et en automne (**Tableau 6**). Ils ont systématiquement évité les patches aux stades reproducteur ou sénescant, et les zones végétatives hautes (≥ 9 cm) en automne. Pour la première fois, notre étude montrait que la **sélection des chevaux vis-à-vis des patches végétatifs ≤ 8 cm était davantage prononcée dans les parcelles pâturées au chargement modéré**, caractérisées par une hauteur et une biomasse supérieures (en moyenne 23cm et 188

gMS.m⁻² vs. 13cm et 131gMS.m⁻² au chargement élevé) mais par une qualité inférieure (MAT : 12.2 et 13.3%MS aux chargements modéré et élevé, respectivement) (**Tableau 6**). Cette sélectivité a permis aux chevaux conduits au chargement modéré de **maintenir la digestibilité de leur régime** au même niveau que celle de leurs homologues pâturent à chargement élevé (en moyenne 59%MS). Le **gain de poids vif de tous les chevaux était conforme aux recommandations** (INRA, 2015), et supérieur au printemps et en début d'été dans les parcelles pâturées à chargement modéré (en moyenne 441g.j⁻¹ vs. 317g.j⁻¹ au chargement élevé), peut-être en lien avec une biomasse végétale plus abondante (+64gMS.m⁻²).

Tableau 6. Sélection alimentaire des chevaux (bouchées définies à partir du stade de végétation et de la hauteur) selon le chargement (Elevé, 1.8 UGB.ha⁻¹ vs. Modéré, 1.1 UGB.ha⁻¹) et la saison (moyenne ± erreur standard) (tableau adapté de [pub. 5]). Végétatif ras (VR, ≤ 4cm), végétatif intermédiaire (VI, 5–8 cm), végétatif haut (VH, ≥ 8cm), Reproducteur et sénescant (R/S). ^{a,b}les valeurs présentes sur la même ligne comportant des lettres différentes sont significativement différentes à p<0.05. Les caractères en gras et en italique indiquent des types de bouchées sélectionnés et évités, respectivement, (p<0.05). †p<0.1, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0/001. L'interaction chargement × saison n'est jamais significative.

	Chargement			Saison			
	Elevé	Modéré	p	printemps	été	automne	p
VR	+0.01 ±0.07	+0.26 ±0.07	**	-0.15 ^b ±0.11	+0.38^a ±0.07	+0.18^a ±0.06	***
VI	+0.16 ±0.05	+0.39 ±0.04	***	+0.19^b ±0.08	+0.36^a ±0.05	+0.27^{a,b} ±0.05	*
VH	<i>-0.11</i> ±0.05	<i>-0.09[†]</i> ±0.05	ns	+0.03 ^a ±0.06	-0.08 ^a ±0.06	<i>-0.25^b</i> ±0.04	**
R/S	<i>-0.35</i> ±0.08	<i>-0.52</i> ±0.07	†	<i>-0.27^a</i> ±0.12	<i>-0.35^a</i> ±0.07	<i>-0.67^b</i> ±0.05	**

En dépit d'une sélectivité des chevaux vis-à-vis des patches végétatifs ras et intermédiaires plus importante au chargement modéré, **l'hétérogénéité structurale du couvert n'a pas différé significativement entre les deux traitements** (coefficient de variation de la hauteur d'herbe = 63% en moyenne). Ce résultat était semblable à celui rapporté par Nolte et al. (2014) pour des niveaux de chargement en pâture équin inférieurs en prairies naturelles (0.5 vs. 1.0 LU.ha⁻¹). Notre dispositif montrait également que la **localisation des patches bien pâturés par les chevaux était stable** entre l'été (pic de biomasse) et l'automne d'une part, et entre deux années successives d'autre part [pub. 9]. Ce résultat semblait lié à l'abondance locale en légumineuses et en diverses, ce qui est cohérent avec nos observations selon lesquelles les chevaux ont sélectionné les légumineuses, indépendamment du chargement, et les patches courts dominés par les diverses et les légumineuses au chargement modéré. Une seule étude avait jusqu'alors rapporté la stabilité interannuelle des patches de végétation dans des prairies pâturées par des poneys, des bovins et des daims dans le New Forest (Edwards & Hollis, 1982). Cette stabilité spatiale des patches bien pâturés et délaissés est susceptible de conduire à des dynamiques végétales locales contrastées et de favoriser l'augmentation de la biodiversité au sein des prairies fertiles (Bloor & Pottier, 2014; Dumont et al., 2011).

En cohérence avec l'absence d'effet du chargement sur la structure du couvert dans notre étude, la **richesse spécifique végétale** (en moyenne 28 espèces) et **l'équitabilité de la distribution des espèces** à l'échelle de la parcelle étaient **comparables entre les deux traitements**. De la même manière, Amiaud (1998) n'avait pas mis en évidence d'effet du chargement (0.5 vs. 1.5 LU.ha⁻¹) sur le nombre d'espèces végétales au sein de prairies humides de l'ouest de la France, après cinq années de pâture par des chevaux. Des **variations d'abondance des espèces** ont

toutefois été observées au sein de notre dispositif: en particulier, le trèfle blanc (*Trifolium repens*) était deux fois et demi plus abondant au chargement élevé après quatre années de pâturage (en moyenne 16% vs. 7% au chargement modéré). L'allègement du chargement n'a pas amélioré la richesse spécifique en insectes et **seule une abondance plus élevée de quelques taxa inféodés à la végétation haute a été enregistrée**. En conclusion, **diminuer le chargement en pâturage équin n'aurait qu'un effet marginal sur la biodiversité prairiale, tandis que la performance de l'exploitation serait fortement impactée** par la réduction du nombre de chevaux par hectare. Une autre façon d'accroître la biodiversité prairiale au sein des élevages pourrait être de préserver une mosaïque de prairies soumises à des modes de gestion contrastés à l'échelle de l'exploitation.

Ma synthèse des travaux conduits dans des milieux à haute valeur naturelle souligne différents atouts du pâturage équin vis-à-vis de la préservation de la diversité végétale et animale. En particulier, les niveaux d'ingestion élevés de fourrages grossiers par les chevaux les rendent efficaces pour entretenir des milieux ouverts. Leur faible aptitude à détoxifier les métabolites secondaires des dicotylédones limite leur action sur les ligneux, mais semble bénéfique vis-à-vis de la préservation des plantes à fleurs et des pollinisateurs. Le mode de pâturage hétérogène des chevaux favorise la diversité végétale et génère différents habitats pour la faune prairiale. Dans des prairies mésophiles supports de l'élevage, nous montrons que l'allègement du chargement en pâturage équin n'a qu'un effet marginal sur la biodiversité car les chevaux créent de l'hétérogénéité structurale même à fort chargement.

2.4. Mobiliser la mixité avec les bovins allaitants pour mieux valoriser l'herbe et limiter le recours aux anthelminthiques dans les élevages de chevaux de selle

Les systèmes élevant plusieurs espèces animales peuvent tirer parti de la diversité des caractéristiques morphologiques et physiologiques des espèces, mais également de celle de leurs préférences alimentaires et/ou de leurs traits comportementaux. Cette diversité détermine en particulier la complémentarité d'utilisation possible des ressources entre espèces. Les équins et les bovins sont des herbivores généralistes de format similaire dont le recouvrement des niches alimentaires est élevé [pub.19]. Toutefois, les équins ont une capacité d'ingestion de fourrages grossiers plus importante que les bovins, et leur double rangée d'incisives leur permet de pâturer plus ras. Par ailleurs, les bovins peuvent utiliser les dicotylédones plus largement que les équins car ils sont davantage aptes à détoxifier leurs métabolites secondaires grâce à leur rumen. Il existe donc une complémentarité de prélèvement entre les deux espèces, qui laisse envisager la possibilité de les associer au pâturage pour valoriser plus complètement le couvert végétal et accroître sa valeur alimentaire. Dans la littérature, plusieurs travaux ont rapporté l'intérêt du pâturage mixte équin-bovin pour limiter l'embroussaillage (Cornelissen & Vulink, 2015; Rupprecht et al., 2016) et/ou préserver la diversité biologique de milieux à haute valeur naturelle (Henning et al., 2017; Loucougaray et al., 2004). Aucune étude n'avait par contre évalué les atouts possibles de cette association au sein de prairies mésophiles. A l'échelle de l'exploitation toutefois, Morhain (2011) rapportait des charges d'alimentation moins élevées dans des exploitations où des chevaux de selle étaient associés à un atelier de production bovine, généralement des bovins allaitants. De premières enquêtes, réalisées auprès d'un nombre limité d'éleveurs, mettaient en évidence des chargements plus élevés à l'échelle de l'exploitation (UGB totales/ha SAU) et un plus grand nombre de cycles végétaux exploités en systèmes mixtes, par rapport à des élevages spécialisés équins (Bigot et al., 2011, 2015). Sur le plan de la gestion du parasitisme gastro-intestinal, plusieurs travaux conduits chez les ruminants

montraient que le pâturage mixte entre des espèces hôtes de différents nématodes permettait de diluer le risque d'infestation (e.g. réduction de l'infestation des caprins dans Mahieu, 2013 ou des ovins dans Marley et al., 2006a grâce au pâturage mixte avec des bovins). Alors que peu d'espèces de parasites sont communes aux équins et aux bovins (*Trichostrongylus axei* parmi les strongles et la grande douve du foie *Fasciola hepatica*), l'efficacité de leur co-pâturage pour limiter leur charge parasitaire n'avait jamais été évaluée.

A partir de 2015, je me suis donc appliquée à préciser **les atouts et les limites de l'association entre chevaux de selle et bovins allaitants au sein des exploitations herbagères, comparativement à l'élevage équin spécialisé**. Après 15 années de recherches analytiques centrées sur la compréhension des interactions entre les chevaux et le couvert prairial, j'ai souhaité élargir mon approche pour intégrer la manière dont les éleveurs conduisent leurs systèmes herbagers. La thèse de Louise Forteau (2016-2019 ; 40% du temps d'encadrement avec Bertrand Dumont, INRAE, Directeur de thèse, et Geneviève Bigot, INRAE) a donc mobilisé des enquêtes en élevages pour (i) tester l'hypothèse selon laquelle **la mixité équin-bovin permettrait de limiter le recours aux intrants** comparativement à l'élevage équin spécialisé, grâce à une **meilleure valorisation des ressources herbagères** et à la **dilution du parasitisme des équins par les bovins** (ii) **comparer l'organisation du travail** entre les deux types de systèmes. En parallèle, j'ai approfondi les processus sous-jacents du pâturage mixte équin-bovin en utilisant une approche expérimentale. Le développement de mes compétences relatives à l'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage a été facilité par mon intégration au sein de l'équipe COMETE, d'une part et par ma collaboration avec G. Bigot de l'UMR Territoires, d'autre part. L'organisation du travail au sein des exploitations mixtes équin-bovin et spécialisées équin a été étudiée en collaboration avec Sylvie Cournut (VetAgro Sup), à partir d'une adaptation de la méthode Bilan Travail (Bischoff et al., 2008; Cournut et al., 2018). Les résultats que nous avons obtenus ont été intégrés dans une analyse comparée de différents systèmes d'élevage d'herbivores diversifiés du nord du Massif central (polyculture-bovins viande, bovins-ovins, bovins lait-viande, bovins-équins ; projet PSDR4-Auvergne 2015-2020 new-DEAL) (Dumont et al., 2020).

2.4.1 Comparaison des pratiques de gestion de l'herbe, de gestion du parasitisme et de l'organisation du travail entre élevages mixtes et spécialisés équin

La thèse de L. Forteau s'est appuyée sur des enquêtes réalisées auprès de 44 exploitations produisant des chevaux de selle, en association ou non avec des bovins allaitants. Les critères de sélection de ces exploitations étaient les suivants : altitude inférieure à 600m, surface en herbe supérieure à 80% de la SAU et présence de trois juments reproductrices au minimum. La moitié des exploitations (11 spécialisées équin, 12 mixtes) étaient situées en Normandie (Calvados, Manche, Orne) et élevaient des chevaux de sport de haut niveau sur des prairies productives. L'autre moitié des exploitations (10 spécialisées équin, 11 mixtes) étaient localisées dans les piémonts nord du Massif central (Allier, Puy de Dôme, Saône et Loire principalement) et élevaient des chevaux destinés principalement au loisir sur des prairies plus faiblement productives. Deux visites au sein des élevages ont permis de recueillir des informations sur : leurs caractéristiques générales (44 exploitations), les pratiques de gestion des surfaces en herbe intégrant le calendrier d'utilisation du parcellaire par les différents lots d'animaux (43 exploitations), les pratiques de gestion du parasitisme (44 exploitations) et l'organisation du travail (34 exploitations comportant moins de six travailleurs pour respecter les conditions d'utilisation de la méthode Bilan Travail). Dans le Massif central, des prélèvements de fèces ont été effectués sur 46 jeunes chevaux conduits soit seuls (dans cinq

exploitations spécialisées), soit avec des bovins au pâturage (dans six exploitations mixtes) afin d'évaluer les effets de la mixité sur l'excrétion d'œufs de strongles par les chevaux.

Au sein de chaque région et de chaque type de système, la variabilité de taille et d'effectifs en animaux était importante (**Tableau 7**). Toutefois, la SAU était plus élevée dans les élevages mixtes, d'une part et dans le Massif central, d'autre part. Le nombre d'UGB équines était identique dans les deux régions et dans les deux types de systèmes. Le chargement de l'exploitation (UGB totales par ha de SAU) était plus élevé en Normandie, mais identique entre élevages mixtes et équins spécialisés. Le ratio UGB équine / UGB bovine dans les élevages mixtes était très variable au sein d'une même région, si bien que les valeurs moyennes ne différaient pas significativement entre le Massif central et la Normandie.

Tableau 7. Caractéristiques générales des 44 exploitations enquêtées au cours de la thèse de L. Forteau (moyenne \pm écart-type)

	Type de système		Région	
	Spécialisé	Mixte	Massif central	Normandie
SAU (ha)	30 \pm 18	82 \pm 63	64 \pm 45	50 \pm 60
UGB totales	32 \pm 27	93 \pm 87	61 \pm 45	66 \pm 91
UGB équines	32 \pm 27	50 \pm 65	34 \pm 21	48 \pm 68
Ratio UGB équine/bovin	.	.	1.28 \pm 1.09	2.21 \pm 2.61
UGB totales/ha SAU	1.06 \pm 0.49	1.19 \pm 0.37	0.65 \pm 0.29	1.01 \pm 0.47

Par ailleurs, le classement des 44 exploitations en trois catégories selon la valeur génétique de leurs poulinières (établie à partir des indices dans différentes disciplines ; i.e. catégorie « excellente » quand au moins une poulinière d'indice génétique supérieur à 9 était présente, catégorie « haut niveau » quand au moins une poulinière d'indice génétique positif était présente, catégorie « loisir » en l'absence de poulinière d'indice génétique positif ; S. Danvy, comm. pers.), a abouti à des profils différents selon la région. Ainsi, plus de 80% des exploitations normandes étaient classées dans la catégorie « excellente », tandis que les exploitations du Massif central se répartissaient pour 43% dans la catégorie « loisir », 33% dans la catégorie « excellente » et 24% dans la catégorie « haut niveau ».

Conformément à notre hypothèse, plusieurs résultats de notre étude ont mis en évidence une **meilleure valorisation de l'herbe dans les élevages mixtes**, comparativement aux élevages équins spécialisés. Ainsi, dans le **Massif central**, le **chargement des surfaces exclusivement pâturées était significativement plus élevé dans les élevages associant les deux espèces au cours de la saison d'herbe** (en moyenne 1.20 vs. 0.93 UGB.ha⁻¹ dans les élevages équins spécialisés). En moyenne dans ces exploitations mixtes, un quart des surfaces étaient simultanément pâturées par les deux espèces, tandis que les bovins précédaient les équins sur 21% des surfaces et que les équins précédaient les bovins sur 15% des surfaces. Les 39% de surfaces restantes étaient pâturées par une seule espèce. La conduite du pâturage des équins et des bovins variait toutefois de façon importante entre élevages. Dans le Massif central, les **éleveurs équins spécialisés ont acheté en moyenne 0.60 tMS de fourrages** par UGB totales et par an, des quantités qui pour eux restaient raisonnables, mais qui étaient **dix fois supérieures à celles achetées par les éleveurs mixtes**. Les éleveurs équins spécialisés fertilisaient un quart de leurs surfaces avec des engrais minéraux, contre 4% des surfaces seulement dans les élevages mixtes. Enfin, 84% des surfaces exclusivement pâturées étaient gyrobroyées dans les exploitations spécialisées équines contre 71% dans les systèmes mixtes. Dans les élevages mixtes de **Normandie**, les surfaces valorisées simultanément par les deux espèces représentaient 39% des surfaces pâturées. Les chevaux précédaient les bovins en pâturage

alterné sur 9% des surfaces et les bovins précédaient les chevaux sur 7% des surfaces ; 45% des surfaces n'étaient pâturées que par une espèce. Le fait que les bovins précèdent plus souvent les équins dans le Massif central pourrait être expliquée par une priorité de production supérieure donnée à l'espèce bovine dans cette région. Le chargement des prairies uniquement pâturées par des équins en Normandie (en moyenne 0.99 UGB.ha⁻¹) était identique à celui mis en œuvre dans le Massif central, et indépendant du type de système. Cette valeur était limitée en regard du potentiel de production des prairies normandes, ce qui pourrait indiquer que les éleveurs enquêtés cherchaient à **sécuriser le niveau d'ingestion de leurs chevaux de valeur élevée**. Les éleveurs mixtes normands **augmentaient le chargement uniquement lorsque les chevaux pâturaient avant les bovins** (en moyenne 2.18 vs. 1.10 UGB.ha⁻¹ pour les autres modalités de pâturage). Le recours au **gyrobroyage était moins fréquent quand les bovins nettoyaient les parcelles préalablement pâturées par les équins ou lorsque les deux espèces pâturaient ensemble**. Les éleveurs mixtes et équins spécialisés achetaient **peu de fourrages** en Normandie (en moyenne 0.16 et 0.21tMS par UGB totales et par an, respectivement).

Concernant la gestion du parasitisme [*pub. 3*], **seuls 30% des éleveurs mixtes enquêtés connaissaient le principe de dilution du parasitisme entre espèces**. Tous les éleveurs spécialisés et mixtes de notre échantillon **vermifugeaient leurs chevaux de façon systématique** sur une base calendaire, et 80% d'entre eux utilisaient du fenbendazole, en dépit de la prévalence élevée de résistance vis-à-vis de cette molécule en France (Salle et al., 2017). Des stratégies préventives vis-à-vis du parasitisme étaient mises en œuvre dans un tiers des élevages enquêtés ; toutefois, les connaissances dont nous disposons permettent d'affirmer que certaines d'entre elles ne limitent pas efficacement l'infestation par les strongles (e.g. épandage de chaux au printemps, exclusion sur un temps limité des chevaux des parcelles). Dans le **Massif central**, les **éleveurs spécialisés équins semblaient plus enclins que les éleveurs mixtes à intégrer des pratiques de gestion des troupeaux et des parcelles** dans leur stratégie de gestion du parasitisme. Ainsi, la proportion de prairies alternant fauche et pâture était plus importante dans les élevages spécialisés équins et 60% des éleveurs appliquaient un chargement annuel faible (i.e.<0.60 UGB.ha⁻¹). La **fréquence d'administration de vermifuges aux chevaux y était élevée** et reposait sur un calendrier systématique, complété par l'utilisation d'indicateurs (e.g. diarrhée, perte d'état) et de mesures d'OPG pour mettre en œuvre d'éventuels traitements supplémentaires (**Tableau 8**). Ces éleveurs suivaient également davantage **l'avis du vétérinaire** pour décider de leur stratégie de traitements. Les pratiques des éleveurs spécialisés équins du Massif central pourraient **résulter, au moins en partie, de la valeur génétique plus élevée de leurs juments** (excellente ou élevée), comparativement à celle des juments des élevages mixtes (excellente dans 40% des élevages mais faible dans les 60% restants). Les résultats de la thèse de L. Forteau rapportent des **pratiques de vermifugation beaucoup plus similaires entre les deux types de systèmes en Normandie (Tableau 8)**. Ainsi, les éleveurs normands utilisaient largement les **lactones macrocycliques** et avaient recours à des traitements additionnels sur la base d'indicateurs et de mesures d'OPG. Une hypothèse pour expliquer les différences entre les élevages des deux régions est que la **valeur génétique élevée des juments de l'ensemble des éleveurs normands** pourrait les avoir conduits à adopter une stratégie homogénéisant les pratiques de gestion du parasitisme entre les deux types de systèmes.

Tableau 8. Pratiques de vermifugation des équins dans les élevages spécialisés et mixtes équin-bovin groupés en trois clusters à partir de l'analyse multiple des correspondances et de la classification hiérarchique sur les composantes principales (tableau issu de [pub. 3]). OPG : œufs par gramme de fèces. Clus-1 Nor est principalement composé d'élevages normands, Clus-2 MC-mix est principalement composé d'élevages mixtes du Massif central, Clus-3 MC-spe est principalement composé d'élevages équins spécialisés du Massif central.

Pratiques de vermifugation (% des élevages)	Clust-1 Nor (22 élevages)	Clust-2 MC-mix (10 élevages)	Clust-3 MC-spe (12 élevages)	p
Stratégie de vermifugation				<0.05
Systématique uniquement	0	40	17	
Utilisant des indicateurs	77	60	58	
Avec OPG	23	0	25	
Nombre de traitements annuels pour les juments				<0.001
Faible (1 à 2)	64	100	17	
Elevé (3 à 4)	36	0	83	
Nombre total de traitements pour les jeunes chevaux entre 0 et 4 ans				<0.001
Faible (4 à 9)	27	90	0	
Intermédiaire	55	10	50	
Elevé (14 à 20)	18	0	50	
Part des traitements avec lactones macrocycliques chez les juments				<0.01
Faible (<50%)	4	40	25	
Elevé (50 à 90%)	23	30	58	
Exclusive	73	30	17	
Part des traitements avec lactones macrocycliques chez les jeunes chevaux				<0.01
Faible (<40%)	18	20	42	
Intermédiaire	14	50	42	
Elevé (60 à 90%)	41	0	16	
Exclusive	27	30	0	
Personne en charge du protocole de vermifugation				<0.05
Vétérinaire seul	4	20	42	
Eleveur seul	55	70	16	
Eleveur et vétérinaire	41	10	42	

Notre étude a également fourni la **première preuve d'une dilution du parasitisme chez des jeunes chevaux pâturant avec des bovins dans des élevages mixtes**. Notre analyse intégrait le type de système (spécialisé équin ou mixte), le nombre annuel de traitements reçu par les chevaux, la proportion de leur temps de pâturage passé sur des parcelles pâturées et fauchées, le chargement au pâturage, et le nombre de jours écoulés depuis le début de la ré-excrétion des œufs suite au dernier traitement. En plus de l'influence de ce dernier facteur, nous avons mis en évidence un effet significatif du type de système, les chevaux pâturant avec des bovins excrétaient deux fois moins d'œufs de strongles que ceux pâturant seuls dans des systèmes spécialisés. Ce résultat, confirmé sur un sous-échantillon incluant uniquement des chevaux traités avec des lactones macrocycliques (pour lesquels le délai associé de réapparition des œufs dans les fèces est le plus long) (**Fig.15**), **permet d'envisager de réduire le recours aux anthelminthiques de synthèse dans les élevages mixtes**.

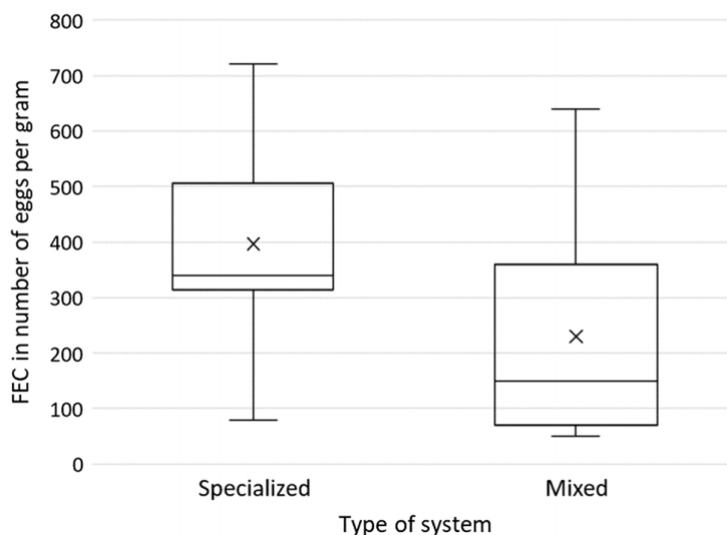


Figure 15. Excrétion d'œufs de strongles par des chevaux pâturant, soit seuls dans des élevages spécialisés équin (n=9, moyenne = 400 opg, médiane = 340 opg), soit avec des bovins dans des élevages mixtes (n=19, moyenne = 230 opg, médiane = 150 opg) (*t* test, $p < 0.01$) (issue de [pub. 3]).

Dans les deux régions, les **élevages spécialisés équin** étaient le plus souvent gérés par **une seule personne**, tandis que la **cellule de base** des travailleurs (i.e. chefs d'exploitation et associés) au sein des **systèmes mixtes comportait 1.4 membres** en moyenne. Les **élevages mixtes avaient également davantage recours au bénévolat** (en moyenne 1.4 membres vs. 1.2 membres dans les élevages spécialisés équin) et aux **apprentis/stagiaires** (en moyenne 0.4 membre vs. 0.1 membre dans les élevages spécialisés équin). Les deux types de systèmes employaient 0.5 salarié en moyenne. Le **temps disponible calculé (TDC)**, c'est-à-dire le temps restant aux membres de la cellule de base après déduction du travail d'astreinte quotidien (i.e. travail qui ne peut être différé ni concentré) et du travail saisonnier était, dans la majorité des cas, **très faible dans les deux types de systèmes** (< 600 heures par personne de la cellule de base et par an pour 44% des élevages, entre 600 et 1000 heures pour 29% des exploitations). Le **plaisir de posséder des chevaux** a souvent été cité par les éleveurs comme contrebalançant cette charge de travail élevée. **Dans les exploitations mixtes** chevaux de selle - bovins allaitants, **la part du travail d'astreinte liée au cheval était largement majoritaire** (en moyenne 100 h.an⁻¹.UGB⁻¹ équine), du fait du temps consacré à l'élevage et au travail des jeunes animaux. Le travail d'astreinte dédié aux bovins ne représentait que 20% du temps consacré aux équins, ce qui laisse présager que la charge de travail d'astreinte dans les systèmes mixtes, certes élevée, était peu affectée par la présence des bovins. Le **travail de saison consacré à l'entretien des surfaces était réduit de moitié (par hectare de surface) dans les systèmes mixtes** par rapport aux systèmes spécialisés équin, et ce en cohérence avec les chargements à l'herbe plus élevés observés globalement dans ces élevages. Ainsi, la **présence d'un atelier de bovins allaitants dans un élevage de chevaux de selle permettrait de diversifier la production sans réellement accroître la charge de travail**. De plus, la **variabilité observée** entre les exploitations mixtes laisse présager des **leviers d'amélioration** : pour s'organiser, les éleveurs mixtes peuvent notamment s'appuyer sur la différence de demande en terme de travail entre les différents ateliers animaux ou encore sur la composition du collectif et sa polyvalence.

2.4.2 La conduite du pâturage mixte doit favoriser la complémentarité des choix alimentaires des espèces

En parallèle à la thèse de L. Forteau, j'ai conduit une expérimentation pluriannuelle (avril à octobre des années 2015 à 2017) comparant un pâturage mixte entre des chevaux de selle et des bovins allaitants et un pâturage spécialisé équin à même chargement [*pub. 2*]. Ce dispositif, mis en œuvre sur une prairie mésophile du plateau technique IFCE de Chamberet, a nécessité de choisir un mode de conduite, un niveau de chargement et un ratio équin/bovin afin de réaliser plusieurs répétitions des deux traitements. Même si ce choix s'est porté sur une conduite classiquement rencontrée, notre expérimentation ne couvrait donc pas l'ensemble des conduites mises en œuvre dans les exploitations enquêtées. En revanche, elle a permis de **mesurer finement des variables qui n'étaient pas accessibles lors des enquêtes**, telles que les choix alimentaires des animaux ou les effets cumulés des traitements sur la structure et la valeur alimentaire du couvert végétal. En particulier, nous faisons **l'hypothèse que la sélection des patches végétatifs ras par les chevaux contraindrait les bovins à se reporter sur les zones d'herbes hautes** délaissées par les équins. Il était donc attendu que le pâturage mixte des deux espèces **homogénéise la structure du couvert végétal et améliore sa qualité**, en comparaison des parcelles pâturées par les seuls équins. Nous souhaitons également **vérifier que les bovins, en pâturant à proximité des fèces des équins dans leurs zones de latrines, limitaient l'infestation des chevaux par les strongles**. Notre première démonstration de cet effet de dilution était encourageante [*pub. 3*], mais son efficacité est susceptible d'être modulée selon la conduite des animaux et des parcelles. En lien avec ces hypothèses, il était attendu que le gain de poids vif des jeunes chevaux conduits avec des bovins soit supérieur à celui de leurs homologues conduits seuls. En collaboration avec ma collègue éthologue Léa Lansade (IFCE – INRAE UMR PRC), nous avons également étudié les **interactions sociales entre chevaux et bovins** afin d'objectiver ou de remédier à certaines craintes exprimées par les éleveurs quant au pâturage simultané des deux espèces.

La comparaison des traitements « mixte » (deux poulains de selle de 2 ans et trois génisses limousines d'1 an, **Photo 7**) et « équin » (quatre poulains de selle de 2 ans) a été mise en œuvre au chargement de 1.4 UGB.ha⁻¹, au sein de trois blocs répliques. Dans chacune des six parcelles, les animaux pâturaient en rotation deux sous-parcelles, en changeant de sous-parcelle tous les 15 à 21j selon la saison. Les choix alimentaires des chevaux et des bovins étaient caractérisés chaque année en mai, juillet et septembre, par observations directes (scan) sur la période diurne. Les bouchées intégraient le stade de végétation et sa hauteur (végétatif ras, ≤ 4 cm ; végétatif intermédiaire, 5-8 cm ; végétatif haut, ≥ 9 cm ; épié ou sec), et la famille botanique dominante. Nous avons également enregistré la présence de fèces de chevaux dans un rayon d'un mètre autour de la bouchée prélevée, les larves infestantes de petits strongles migrant peu au-delà de cette distance [*pub. 16*]. Les bouchées prélevées par les animaux ont été comparées aux bouchées disponibles dans le couvert, en utilisant l'indice de sélectivité de Jacobs (Jacobs, 1974). La durée d'alimentation journalière des chevaux a été estimée à l'aide de colliers d'activité Ethosys (Scheibe et al., 1998). Dans les deux traitements, les fèces des chevaux ont été échantillonnées (i) à chaque saison pour estimer la digestibilité de leur régime alimentaire à partir de leur teneur en azote (Mesochina et al., 1998), (ii) une fois par mois pour mesurer l'excrétion d'œufs de strongles. Tout au long de la saison de pâturage, des observations du comportement de vigilance des chevaux vis-à-vis des bovins et des interactions agonistiques entre les deux espèces ont été réalisées. Les chevaux et les bovins ont été pesés en début et fin de saison de pâturage chaque année. Les mesures sur le couvert végétal intégraient : (i) la hauteur d'herbe à chaque entrée et sortie des animaux des sous-parcelles, (ii) la biomasse et la qualité de l'herbe à proximité des mesures de choix alimentaires, (iii) la composition botanique, en juin des années 2015 et 2017, caractérisée à partir de points de mesure systématiques répartis

le long de transects permanents. En avril, juin et septembre de chaque année, la densité en larves infestantes de strongles dans le couvert était déterminée en échantillonnant la végétation au hasard sur l'ensemble de la parcelle.



Photo 7. Traitement mixte au sein du dispositif pluriannuel comparant un pâturage par des chevaux de selle et des bovins allaitants avec un pâturage équin à même chargement ($1.4\text{UGB}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Plateau technique IFCE de Chamberet G. Fleurance).

Les jeunes chevaux de selle se sont **rapidement habitués à la présence des génisses** écornées, la fréquence de leur activité de vigilance passant de 4% en moyenne au cours du premier mois de pâturage à une valeur nulle dès le second mois. Les **interactions agonistiques entre les deux espèces étaient très peu nombreuses et aucune blessure** n'a été observée au cours des trois années. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus chez des ruminants (Blanc et al., 1999), et entre des ruminants et des porcs (Sehested et al., 2004), qui concluent à de rares tensions interspécifiques quand l'espace disponible est non limitant. Les **chevaux, conduits seuls ou avec des bovins, ont présenté un pattern classique de comportement alimentaire**. Ils ont sélectionné les patches ras (≤ 4 cm) et intermédiaires (5 – 8 cm) de bonne valeur nutritive et ont préféré les bouchées dominées par les graminées (**Fig. 16**, parcelles du traitement mixte). Ils ont utilisé les zones végétatives hautes (≥ 9 cm) et les légumineuses (i.e. trèfle blanc, *Trifolium repens*) proportionnellement à leur disponibilité, et ont évité les diverses, les zones épiées et les zones sèches. Les bovins ont sélectionné les zones végétatives hautes et ils ont utilisé les patches ras proportionnellement à leur disponibilité (**Fig. 16**). Ce résultat diffère de plusieurs études dans lesquelles les bovins étaient exclus des zones rases (1-4cm) sélectionnées par les chevaux, du fait d'une accessibilité de l'herbe trop réduite (*[pub. 19]*, Cornelissen & Vulink, 2015; Edwards & Hollis, 1982; López López et al., 2019). Au sein de notre dispositif, **l'utilisation des patches ras par les bovins** a probablement résulté de la conduite en **rotation longue** entre les deux sous-parcelles qui **a permis à l'herbe de repousser** à une hauteur de 3.9 cm en moyenne avant une nouvelle exploitation par les animaux. Une explication complémentaire peut également être trouvée dans la plus forte sélectivité des bovins de race Limousine, comparativement à d'autres races (D'Hour et al., 1995). Aucune différence de sélection entre les deux espèces n'a été mise en évidence pour les autres types de bouchées (**Fig. 16**).

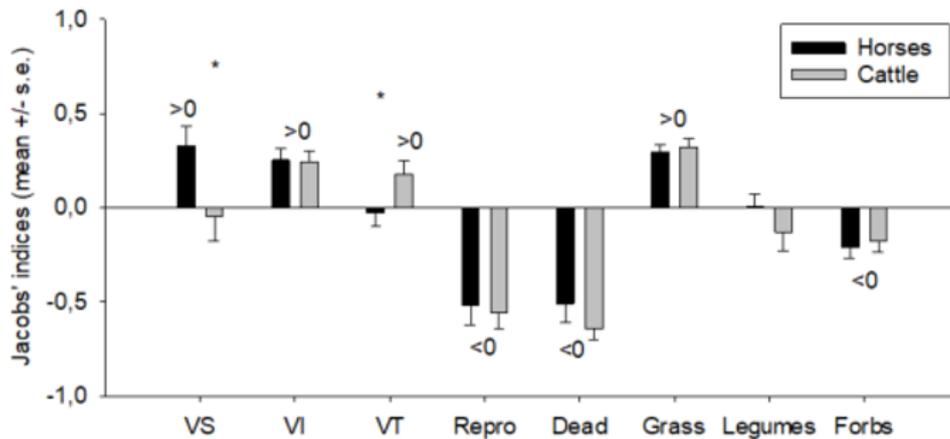


Figure 16. Sélection alimentaire des chevaux et des bovins conduits en pâturage mixte. VS : végétatif ras (≤ 4 cm), VI : végétatif intermédiaire (5-8 cm), VT : végétatif haut (≥ 9 cm), Repro : épié. Effet de l'espèce : * $p < 0.05$; >0 et <0 indiquent que le type de bouchée est sélectionné et évité, respectivement.

La forte similarité des choix alimentaires entre chevaux et bovins dans notre étude a conduit à rejeter l'hypothèse selon laquelle le pâturage mixte équin-bovin permet d'homogénéiser la structure du couvert végétal, comparativement à un pâturage équin (coefficient de variation de la hauteur d'herbe = 55% en moyenne dans les deux traitements). Les **génisses, en évitant les zones épiées et sèches comme les chevaux, n'ont pas permis d'améliorer la valeur alimentaire** du couvert ($\text{MAT} = 115 \text{ g.kgMS}^{-1}$, $\text{NDF} = 599 \text{ g.kgMS}^{-1}$, en moyenne dans les deux traitements), ni la digestibilité du régime des chevaux (en moyenne 57%). L'excrétion d'œufs de strongles par les chevaux pâturant avec les bovins n'a pas été significativement réduite, comparativement à celles de leurs homologues pâturant seuls (-11 OPG en moyenne). La densité en larves infestantes dans le couvert végétal, rapportée au nombre de chevaux présents, était identique entre les deux traitements. **En privilégiant le pâturage des repousses, les bovins ont évité de s'alimenter à proximité des fèces des chevaux** (indice de Jacobs = -0.17 en moyenne) majoritairement concentrées dans les zones épiées et sèches. Les génisses ont donc ingéré peu de larves de strongles, ce qui a **limité leur capacité à diluer le parasitisme équin**. Le gain de poids vif des jeunes chevaux était conforme aux recommandations et identique dans les deux traitements, en cohérence avec la similarité des durées de pâturage, de la digestibilité du régime et du niveau d'excrétion parasitaire. En conclusion, **le pâturage mixte ne constitue pas une solution « clé en main »** mais nécessite une **conduite appropriée** des troupeaux et des parcelles **favorisant la complémentarité des choix alimentaires entre espèces [pub. 2]**. Toute gestion agroécologique nécessite en effet de tenir compte des conditions locales et saisonnières (Bland & Bell, 2007; Ravetto Enri et al., 2017), de sorte que les processus écologiques, telles que les interactions entre les composants d'un système, conduisent aux bénéfices attendus. Un autre dispositif, mis en œuvre plus récemment sur le domaine expérimental INRAE du Pin (Normandie) dans le cadre d'une collaboration entre l'IFCE, INRAE et Paulo César de Faccio Carvalho de l'Université Rio Grande do Sul (séjour doctoral d'Anderson Michel Soares-Bolzan, projet Pamiebo), apportera des données complémentaires en situation de pâturage continu des deux espèces (avec adaptation du chargement en cours de saison), et dans d'autres conditions pédoclimatiques. Dans l'étude conduite à Chamberet, le nombre d'espèces végétales, l'équitabilité entre espèces et l'abondance des différentes familles botaniques n'ont pas différencié entre les deux traitements. Ceci s'explique par la durée limitée de l'expérimentation et par l'absence d'effet de la conduite du pâturage sur la structure du couvert végétal. Des travaux futurs devront déterminer quelles modalités de mise en œuvre du pâturage

mixte (conduite, ratio entre espèces) favorisent le meilleur équilibre entre objectifs de production et préservation de l'intégrité de l'écosystème.

Différents résultats obtenus dans le cadre de nos enquêtes en élevages illustrent une meilleure valorisation de l'herbe dans les systèmes mixtes équin-bovin, comparativement aux systèmes spécialisés équin. En particulier, les éleveurs mixtes du Massif central appliquent des chargements au pâturage plus élevés au cours de la saison d'herbe, achètent moins de fourrages et mobilisent moins de pratiques d'entretien des surfaces. En Normandie, où les chevaux sont de valeur génétique plus élevée, les éleveurs mixtes augmentent le chargement sur les parcelles pâturées alternativement par les équins puis par les bovins. La fréquence de gyrobroyage est également réduite. Alors que l'ensemble des éleveurs enquêtés vermifugent leurs chevaux de façon systématique, notre démonstration de la dilution du parasitisme équin par des bovins permet d'envisager de réduire la fréquence des traitements dans les élevages mixtes. La conduite du pâturage des équins et des bovins nécessite toutefois de favoriser la complémentarité des choix alimentaires des espèces pour tirer parti des bénéfices de la mixité. Dans les deux types de systèmes, la charge de travail d'astreinte est élevée et majoritairement liée à l'élevage et au travail des chevaux. Le plaisir de posséder des équins contrebalance toutefois souvent la faible disponibilité en temps des exploitants. Le travail de saison consacré à l'entretien des surfaces est réduit dans les systèmes associant chevaux et bovins au pâturage. La présence d'un atelier bovin allaitant au sein d'un élevage de chevaux de selle permettrait donc de diversifier la production sans réellement impacter la charge de travail.

2.5. Bilan de ma trajectoire scientifique

De formation universitaire en biologie des populations et des écosystèmes et intéressée par l'étude du comportement animal, j'ai développé ma compréhension des concepts d'écologie comportementale au cours de mon DEA et de ma thèse réalisés sous la direction de Patrick Duncan du Centre d'Etudes Biologique de Chizé. Notre équipe s'intéressait aux conséquences des variations des ressources alimentaires sur le comportement et l'écologie de différentes espèces d'herbivores, au sein d'écosystèmes prairiaux et forestiers en Europe et de savanes en Afrique. En particulier, j'ai mobilisé le cadre théorique de l'approvisionnement optimal pour produire des connaissances originales sur l'influence des caractéristiques nutritionnelles du couvert végétal et du risque d'infestation par les parasites gastro-intestinaux sur les **choix alimentaires du cheval au pâturage**. J'ai privilégié ce sujet plutôt qu'une autre offre de thèse, centrée sur l'étude des mécanismes de coexistence des équidés et des bovidés au sein des écosystèmes africains, car je souhaitais satisfaire des objectifs en lien avec le domaine de l'élevage. Ce choix m'a amenée à postuler avec succès, dès la fin de ma première année de thèse, à un poste d'ingénieur de recherches ouvert par les Haras Nationaux pour conduire des travaux sur l'alimentation du cheval au pâturage. Dans la continuité de mon doctorat qui soulignait l'influence majeure des déterminants nutritionnels dans l'utilisation hétérogène des prairies par les chevaux, j'ai réfléchi le programme de thèse de Nadège Edouard qui a permis de préciser le rôle de l'accessibilité et de la qualité du couvert qui font varier la vitesse d'ingestion de nutriments par les animaux. Ainsi, N. Edouard a montré que des poulains de selle sélectionnaient le couvert le plus accessible quand l'herbe est au stade végétatif et qu'ils privilégiaient le couvert court où ils maximisent l'ingestion de protéines digestibles lorsque l'herbe haute devient mature. Nous avons également mis en évidence leur capacité à couvrir leurs besoins nutritionnels au sein de couverts d'accessibilité et de qualité variables grâce à la modulation de leur durée d'alimentation sur les différentes alternatives. Ce travail marquait le début de mon implication dans l'étude des **facteurs de variation de l'ingestion** des chevaux

au pâturage, thématique de recherche soutenue par les Haras Nationaux dans un contexte où nous manquions de références malgré l'augmentation de l'effectif équin en Europe. Il faisait suite à une première thèse (Pascal Mésochina, CEBC-CNRS, 2000) qui avait permis de développer une méthode de mesure de l'ingestion des chevaux au pâturage et qui avait fourni des données originales chez le poulain de selle, selon son âge et le niveau de biomasse. Pour l'équipe Relations Animal-Plantes et Aliments de l'INRA UMRH à laquelle je venais d'être intégrée, mes travaux permettaient d'inclure le cheval dans une approche comparative évaluant l'intérêt et les limites de différents types d'herbivores (bovins, ovins, équins) vis-à-vis de la valorisation des espaces herbagers. Au cours de la thèse de Claire Collas, nous avons étendu notre analyse à la jument de selle en lactation, un autre modèle animal à forts besoins couramment alimenté à l'herbe. J'ai défini les facteurs de variation à étudier (i.e. quantité d'herbe offerte, complémentation) à partir d'enquêtes en élevages qui montraient que les juments étaient couramment complémentees en énergie au pâturage, y compris à des périodes où l'herbe était abondante et de bonne qualité. Ainsi, nous avons montré que la jument de selle en lactation couvrait ses besoins nutritionnels en conditions de pâturage non limitantes, et nous avons précisé les conditions de disponibilité en herbe nécessitant la mise en place d'une complémentation. Fort des résultats que notre collectif a acquis en 15 ans et des travaux complémentaires réalisés ces dernières années par d'autres équipes au niveau international, ma prochaine réalisation en lien avec cette thématique visera à développer un premier modèle de prévision de l'ingestion des chevaux au pâturage.

Mes recherches sur les déterminants du comportement alimentaire des chevaux m'ont conduit à contribuer, dès mon DEA, à un programme développé par l'UMR Ecobio (CNRS) pour analyser l'impact de différentes espèces d'herbivores domestiques sur la dynamique des communautés végétales au sein de prairies humides du marais Poitevin. Ce travail complétait un certain nombre de références acquises dans des milieux à haute valeur naturelle pâturés par des équins, en association ou non avec des bovins. La quantification des effets du pâturage équin sur la diversité végétale et animale de **prairies mésophiles** supports de l'élevage était par contre limitée. En parallèle à la thèse de N. Edouard qui analysait la réponse des chevaux face aux variations d'accessibilité et de qualité du couvert, j'ai mis en œuvre un dispositif pluriannuel visant à mesurer les effets d'un allègement du chargement en pâturage équin sur les performances des animaux, d'une part et sur la diversité végétale et de l'entomofaune de prairies mésophiles, d'autre part. Nous souhaitions tester l'hypothèse, préalablement confirmée en pâturage bovin, selon laquelle l'allègement du chargement favorise la biodiversité en lien avec l'augmentation de l'hétérogénéité du couvert végétal. Nous avons montré que la sélection plus marquée des zones rases par les chevaux au chargement allégé leur permettait de bénéficier d'un régime alimentaire de même qualité que celui de leurs homologues conduits à chargement élevé. L'hétérogénéité structurale du couvert était néanmoins similaire aux deux niveaux de chargement du fait du mode de prélèvement des chevaux, ce qui n'a pas induit de différence marquée sur la biodiversité. En dépit des résultats originaux obtenus, le développement de ce type de dispositifs destinés à être suivis sur le moyen-long terme a été limité par les moyens financiers et de surfaces pouvant y être alloués.

Récemment, j'ai élargi mon approche centrée sur les interactions entre les chevaux et le couvert prairial en intégrant les **pratiques mises en œuvre par les éleveurs au sein des systèmes herbagers et en m'intéressant aux opportunités offertes par la mixité avec les bovins**. Cette inflexion résulte en particulier de mon choix personnel de compléter ma démarche de recherche analytique sur les composantes animale et prairiale des systèmes d'élevage par une approche intégrant les objectifs des éleveurs et les stratégies qu'ils mettent en œuvre pour valoriser leurs surfaces dans l'alimentation des animaux. Cette évolution m'a conduit à rejoindre l'équipe

Conception, Modélisation et Evaluation des Systèmes d'Élevage à l'occasion de la réorganisation de l'UMR Herbivores en 2016. Mon intérêt pour la thématique de la mixité équin-bovin au pâturage, dont je connaissais les atouts vis-à-vis de l'entretien de couverts diversifiés, a quant à elle été renforcée par de premières enquêtes conduites par l'Institut de l'Élevage mettant en évidence des charges opérationnelles équines plus faibles dans des systèmes mixtes équin-bovin, comparativement à des systèmes spécialisés équin. La représentativité de l'échantillon inclus dans ces travaux nécessitait toutefois d'être améliorée et les facteurs explicatifs de ces meilleurs résultats économiques devaient être explorés. Nous avons donc réfléchi le programme de thèse de Louise Forteau qui a mis en évidence une meilleure valorisation de l'herbe et un meilleur contrôle du parasitisme gastro-intestinal des équins dans les élevages mixtes chevaux de selle – bovins allaitants, permettant de réduire le recours aux intrants par rapport aux systèmes de chevaux de selle. Le travail analytique que j'ai conduit en parallèle montre toutefois que la conduite du pâturage mixte doit être raisonnée de manière à favoriser la complémentarité des choix alimentaire des deux espèces pour espérer tirer parti des bénéfices attendus de la mixité. La thèse de L. Forteau a également fourni des références originales sur l'organisation du travail au sein des deux types d'élevages.

2.6. Missions d'intérêt général

En parallèle de mon activité de recherches, conduite au travers de 12 projets dont cinq projets nationaux pluriannuels en tant que responsable (cf. C.V.), je me suis impliquée dans l'animation de collectifs de recherche, l'organisation d'évènements scientifiques et différentes activités d'expertise.

Ainsi, de 2011 à 2018, j'ai assuré la fonction d'**animatrice adjointe du Groupe Filière Equine de l'INRA** (avec Jean-Luc Cadoré, UMR 754 INRAE, ENVL, UCBL). Les groupes filières d'INRAE exercent une veille sur l'état des filières et sur les recherches qui leur sont consacrées. Ils éclairent les instances d'INRAE dans les choix stratégiques à opérer et renseignent les partenaires sur les orientations de l'établissement et ses résultats de recherche. Cette mission d'animation m'a permis de développer mon expertise sur le fonctionnement et les questionnements de la filière équine, et sur les différents domaines de recherche à mobiliser pour répondre à ces enjeux. J'y ai également vu l'opportunité d'acquérir une première expérience d'animation scientifique. En particulier, j'ai coordonné deux actions qui s'inscrivaient dans un travail collectif confié aux groupes filières par la Direction Scientifique Agriculture de l'INRA. La première consistait à réaliser un état des lieux de la diversité des structures et des acteurs de la filière équine dans le cadre d'une analyse de la diversité de l'agriculture et de ses externalités (Volume spécial 68 de la revue Innovations Agronomiques, 2018). La seconde action précisait les enjeux et les fronts de science pour la filière équine au sein d'une prospective scientifique interdisciplinaire sur l'élevage (Peyraud et al., 2019). Ma seconde activité d'**animation** s'inscrit dans un contexte plus directement en lien avec mes recherches et plus local, au sein de l'**Unité Mixte Technologique sur les systèmes allaitants** (bovins, ovins, équins). De 2012 à 2016, le thème central des travaux de cette UMT associant l'UMR Herbivores, l'Idèle et l'IFCE, était la sécurisation des systèmes allaitants. A l'occasion de son renouvellement sur la période 2017-2022 pour travailler sur les services rendus par ces systèmes (UMT SeSAM, Services rendus par les Systèmes Allaitants Multiperformants), j'ai co-animé avec Philippe Dimon (Idèle) un axe de travail dédié à la construction et à l'évaluation de la multi-performance des productions allaitantes. Les réflexions que nous avons conduites au sein de cet axe ont favorisé la co-construction de programmes de recherche sur les systèmes d'élevage diversifiés et/ou peu évalués (e.g. systèmes mixtes, agriculture biologique) et contribuent au développement d'outils partagés (e.g. élaboration en cours d'une grille

d'évaluation multicritères commune aux différentes productions allaitantes). Le nouveau projet d'UMT que nous avons soumis pour la période 2023-2027 comprend une analyse de la place future de l'élevage allaitant dans les systèmes agricoles. Il s'agira en particulier d'analyser les scénarios des différentes perspectives et leurs déclinaisons pour l'élevage allaitant à la lumière des évolutions du contexte économique, sociétal et environnemental, et des spécificités territoriales. Deux défis scientifiques sont prévus en parallèle : l'un visant à valoriser les complémentarités entre élevages, prairies et productions végétales, l'autre ayant pour objectif d'évaluer les combinaisons de leviers permettant de se rapprocher de systèmes allaitants climatiquement neutres.

Mon implication dans l'**organisation d'évènements scientifiques** est plus récente. Ainsi, j'ai contribué à l'organisation du symposium scientifique international sur la nutrition des herbivores (ISNH) en 2018, au sein duquel j'ai co-animé une session consacrée aux herbivores sauvages. J'ai également accepté de co-animer une session relative aux bouquets de services fournis par les prairies lors du congrès européen sur les prairies (EGF) qui se tiendra en juin 2022. Au sein de l'UMR Herbivores, j'organise depuis 2021 et pour une durée de quatre ans des journées d'animation scientifique à destination des chercheurs, ingénieurs et techniciens (avec G. Cantalapiedra-Hijar et N. Aigueperse, INRAE). Ainsi, nous proposons à la Direction de l'UMR Herbivores des évènements visant à développer une culture scientifique commune dans l'Unité, nous aidons les doctorants et post-doctorants à organiser un séminaire annuel dédié à leurs travaux et nous programmons des interventions pour la mise à jour des compétences des agents en lien avec l'habilitation à expérimenter. Avec une collègue de VetAgro Sup, nous préparons également la première édition d'une université d'automne destinée à diffuser les résultats de recherche de l'Unité auprès des étudiants clermontois et de nos laboratoires partenaires.

J'exerce par ailleurs une activité d'**expertise** sur l'espèce équine au sein de différents collectifs. Ainsi, de 2013 à 2019, j'ai participé au **Réseau Mixte Technologique** « Prairies Demain », dont l'objectif était d'encourager une meilleure valorisation du potentiel productif et alimentaire des prairies. J'ai notamment participé à l'élaboration d'un guide web sur le pâturage des différentes espèces d'herbivores domestiques, à destination principale des éleveurs et conseillers. J'ai également été en appui de ma collègue ingénieur de développement Pauline Doligez (IFCE), dans le cadre du développement de la version équine de l'outil HerbValo destiné à calculer les rendements d'herbe valorisés dans les élevages. Depuis 2021, je participe à la nouvelle édition de ce RMT qui élargit son approche de la prairie sous l'angle de la multiplicité de ses services (RMT « AvenirS PrairieS, 2021-2025). Mon implication restera néanmoins secondaire par rapport à mes collègues ingénieurs de développement, et plus particulièrement centrée sur les questions traitées dans le cadre de mes recherches (e.g. impact des pratiques sur la biodiversité prairiale, propriétés anthelminthiques des plantes). En 2019, j'ai par ailleurs intégré un **collectif de scientifiques missionné par le Département PHASE d'INRAE** dans le cadre de l'élaboration de son schéma stratégique 2021-2025 (animateur : Rémy Delagarde, INRAE). Notre travail s'inscrivait dans l'objectif d'améliorer l'efficacité de l'élevage pour limiter ses impacts sur l'environnement, ce qui implique une diversification des ressources alimentaires et une meilleure efficacité de leur valorisation par les animaux dont l'étude nécessite un phénotypage précis de l'ingestion. Nous avons donc réalisé un état des lieux des méthodes de mesure de l'ingestion individuelle chez différentes espèces animales élevées en groupe (bovins, ovins, équins, caprins, porcs, lapins, volailles) et une analyse prospective des besoins restant à couvrir. En appui scientifique à ma collègue Mélanie Conraud de la délégation territoriale IFCE Auvergne – Rhône-Alpes, j'ai récemment intégré le **Conseil Scientifique et Technique du Cluster Herbe du Massif-Central**. Cette plateforme collaborative a pour objectifs de faire émerger, d'accompagner et de promouvoir des projets

destinés à la valorisation des produits et des services issus des ressources herbagères et pastorales du Massif-Central. Enfin, j'ai rejoint depuis quelques mois deux nouveaux collectifs dont l'activité est en lien avec mes perspectives de recherche présentées dans la partie 3 de ce mémoire. Le premier groupe de travail, coordonné par l'ACTA, réunit des représentants des différents **instituts techniques agricoles impliqués dans l'évaluation multicritères** pour partager leurs expériences et leurs méthodes, et pour favoriser la mise en œuvre de projets communs. Le second groupe, coordonné par le **GIS Avenir Elevage** et le GIS Grandes Cultures, a pour objectif de faire un état des lieux des méthodes d'**évaluation de la biodiversité** pour adapter/développer une (des) méthode(s) qui puisse(nt) être appliquée(s) aux différents systèmes d'élevage, de culture et de polyculture-élevage. L'enjeu est de contribuer aux bases de données environnementales et à l'affichage environnemental des produits, à la réalisation d'audits et de conseils sur les pratiques en exploitations agricoles, et aux démarches de paiement pour services environnementaux.

Mon activité d'**enseignement** est limitée, mais est cohérente avec mon activité de recherche (cf. C.V.). Elle est centrée sur des interventions en écoles d'ingénieurs ou au sein d'universités françaises, voire d'autres pays européens selon les sollicitations. Les cours destinés aux autres structures d'enseignement supérieur ou aux professionnels sont assurés par mes collègues IFCE ingénieurs de développement et par le service formation de notre établissement. J'ai ainsi dispensé des enseignements sur le comportement alimentaire des équins et leur impact sur le couvert prairial auprès de sept structures. Mon activité de recherche a par ailleurs impliqué 20 étudiants préparant un diplôme de niveau M2, M1 et L3 que j'ai le plus souvent encadrés seule, et quatre thèses en co-encadrement dont une en cours (cf. C.V.).

3. PERSPECTIVES

L'objectif global de mes recherches reste de fournir des connaissances permettant de favoriser la transition agroécologique des systèmes herbagers équin. Mes perspectives s'inscrivent donc dans la continuité du travail déjà présenté, mais comportent une double évolution thématique et stratégique dans la manière de réaliser mes travaux. Au plan thématique, je développe depuis peu des recherches visant à identifier des plantes bioactives vis-à-vis des strongles équin et à préciser leurs modes d'action (partie 3.1). Ainsi, mon collègue parasitologue G. Sallé et moi-même encadrons la thèse de doctorat de Joshua Malsa, dans laquelle j'apporte plus particulièrement mon expertise sur l'utilisation par les équin de différentes plantes sous forme pâturée ou conservée. Au plan stratégique, je prévois de consacrer une part croissante de mon activité propre à des travaux conduits à l'échelle de l'exploitation d'élevage (partie 3.2). Dans la continuité de la thèse de L. Forteau, je souhaite analyser l'impact du niveau de diversité et des modes d'intégration entre ateliers (animaux, ressources végétales, activités) sur les performances productives et environnementales des systèmes mixtes chevaux de selle - bovins allaitants. A plus long terme, j'envisage d'étudier la résilience de ces systèmes face à divers aléas économiques et climatiques.

3.1. Potentialités offertes par les plantes bioactives vis-à-vis du contrôle des cyathostomes

Les multiples rapports faisant état d'un manque d'efficacité des anthelminthiques dans le traitement des strongyloses équin à l'échelle mondiale conduisent à repenser les schémas de vermifugation classiquement utilisés (Salle et al., 2017). En particulier, les populations parasitaires étant très inégalement réparties au sein d'un troupeau (environ 20% des individus excrètent 80% des œufs de strongles, (Kaplan & Nielsen, 2010; Relf et al., 2013), des approches de thérapie sélective, orientées sur les individus dont l'excrétion excède un seuil donné (déterminé en fonction de l'aire géographique, de la saison et de l'âge des chevaux notamment), permettent d'envisager de réduire la pression de sélection sur les parasites et de ralentir le développement des résistances. Des travaux sont en cours pour préciser l'efficacité de cette pratique vis-à-vis des différents parasites des équin (Nielsen et al., 2012, 2014) et définir les conditions optimales de sa mise en œuvre (Leathwick et al., 2019). Des modèles prédictifs sont également à l'étude pour préciser l'intérêt d'une rotation entre différents anthelminthiques de synthèse et les risques d'apparition de multi-résistances (Raza et al., 2019). De même, l'efficacité d'une combinaison simultanée d'anthelminthiques doit être évaluée plus largement (Kaplan et al., 2014; Scare et al., 2020; Uhlinger & Johnstone, 1985), en particulier car elle pourrait conduire au développement de résistances croisées des parasites à différents anthelminthiques et à la sélection de mécanismes généraux de résistance communs à différentes classes de molécules.

Le recours exclusif aux anthelminthiques de synthèse ne constitue toutefois pas une stratégie durable pour contrôler le parasitisme gastro-intestinal en élevage et les scientifiques s'accordent sur la nécessité de recourir à des approches intégrées, basées sur la combinaison de différents principes de contrôle (Molento, 2009). Les différentes options disponibles s'inscrivent dans le cadre de trois principaux modes d'action visant à perturber le cycle des parasites (Hoste & Torres-Acosta, 2011) (**Fig.17**) : (1) réduire le contact entre l'hôte et le stade parasitaire infestant (L3), (2) stimuler la réponse de l'hôte et (3) éliminer les parasites dans l'hôte.

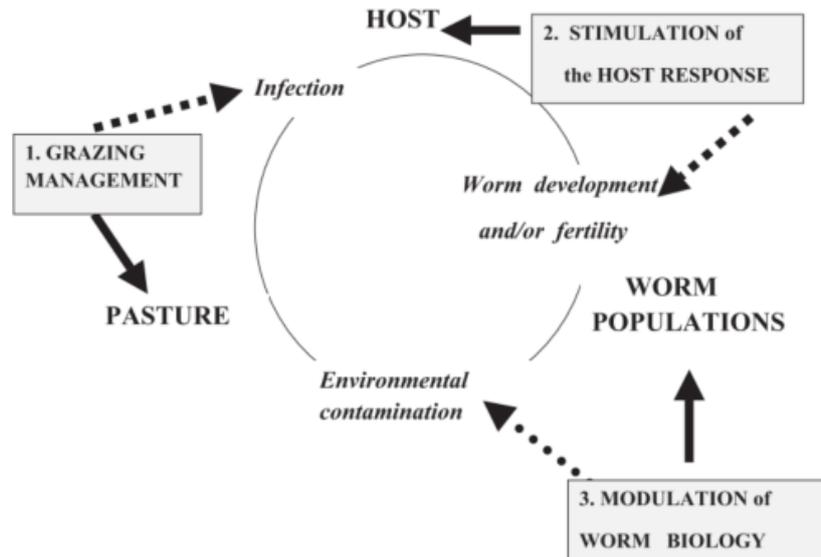


Figure 17. Résumé des trois principes de contrôle des nématodes gastro-intestinaux : flèches pleines, objectifs d'action ; flèches pointillées, conséquences possibles sur le cycle parasitaire (issu de Hoste & Torres-Acosta, 2011)

Les méthodes basées sur la **gestion du pâturage** regroupent des stratégies « défensives » consistant à mobiliser l'utilisation de l'espace (e.g. réduction du chargement, individus sensibles placés sur une parcelle peu infestée) ou du temps (e.g. en milieu tropical : pâturage en rotation consistant à introduire les animaux dans une parcelle après que la majorité des larves infestantes L3 aient été détruites sous l'effet de l'humidité et de l'ensoleillement), et des stratégies « offensives » consistant à « nettoyer » les parcelles des parasites à l'aide de procédés chimiques, physiques ou biologiques. Chez les équidés, le ramassage des fèces réduit l'infestation des parcelles mais sa mise en œuvre est laborieuse et son efficacité conditionnée à une fréquence d'intervention élevée (Corbett et al., 2014; Matthee et al., 2002). Dans le cadre de la lutte biologique, l'utilisation de champignons nématophages, prédateurs des larves de nématodes libres, consiste à administrer des spores aux herbivores afin qu'elles soient excrétées dans les matières fécales en même temps que les stades parasites en développement. *Duddingtonia flagrans*, champignon nématophage présentant une résistance élevée au transit digestif de l'hôte (Larsen et al., 1995), fournit des résultats encourageants chez le cheval soumis à une administration quotidienne (Braga et al., 2009; Fausto et al., 2021; Larsen et al., 2009). Enfin, le principe de dilution du risque parasitaire que nous avons mis en évidence dans le cadre de l'association de jeunes chevaux avec des bovins au pâturage [*pub. 3*] s'inscrit également dans cette gestion « offensive ».

Parmi les stratégies visant à stimuler la réponse de l'hôte, la **vaccination** pourrait constituer une méthode durable et peu coûteuse pour renforcer l'immunité contre les strongles. Toutefois, les vaccins sont difficiles à mettre en place et des données expérimentales obtenues chez les ruminants suggèrent que les strongles présentent une plasticité suffisante pour y échapper (Sallé et al., 2018). Des approches de **sélection** ont également été développées chez les petits ruminants (Sallé et al., 2012), mais cette stratégie semble peu applicable dans le cas des chevaux. A l'occasion de la thèse de Claire Collas qui analysait l'effet de la complémentation sur l'ingestion volontaire du cheval au pâturage, nous avons abordé l'intérêt de la **nutrition** du cheval vis-à-vis de la lutte contre les strongles. En effet, la connaissance des processus pathophysiologiques associés aux infestations par les nématodes gastro-intestinaux (i.e. réduction de l'appétit, malabsorption et mauvaise digestion, réorientation du métabolisme des

nutriments vers le maintien de l'homéostasie) conduisait à supposer qu'apporter des nutriments limitants à l'hôte lui permettrait de mieux tolérer les conséquences de l'infestation, voire d'y résister plus efficacement (Coop & Kyriazakis, 1999). Dans une première expérimentation, des juments de selle en lactation complémentées en énergie au pâturage ont excrété la même quantité d'œufs de strongles que leurs homologues non complémentées, mais l'augmentation de l'ingestion d'herbe par ces dernières a limité la différence d'ingestion d'énergie nette entre les deux traitements [pub. 8]. Dans une seconde expérimentation, au cours de laquelle de jeunes chevaux (2 ans) naturellement infestés recevaient une suralimentation protéique de courte durée (i.e. 227% des besoins azotés pendant 18j), nous n'avons pas observé de réduction des OPG ni du nombre estimé de vers adultes, comparativement à des chevaux nourris à 93% de leurs besoins azotés [pub. 4]. Nos résultats, contrairement à ceux observés chez d'autres espèces limitées en protéines (e.g. porcs nourris avec un régime pauvre en protéines dans Pedersen et al., 2002; brebis à la mise-bas dans Houdijk et al., 2003) et recevant un complément, pourraient avoir été différents dans une situation de régime témoin limitant en protéines et/ou d'infestation parasitaire plus importante.

Enfin, une abondante littérature scientifique évalue actuellement le potentiel **anthelminthique d'une diversité de plantes**. Ces plantes incluent des espèces utilisées comme médicaments de phytothérapie en lien avec une tradition ethnovétérinaire, d'une part, et des espèces nutritives, c'est-à-dire des fourrages dont l'exploitation traditionnelle pour l'alimentation animale est aujourd'hui associée à des effets bénéfiques sur la santé, d'autre part. Chez les équidés, peu de références existent et la majorité des études publiées portent sur l'analyse *in vitro* de l'efficacité de différents extraits de plantes sur les cyathostomes (e.g. Buza et al., 2020; Flota-Burgos et al., 2017; Maestrini et al., 2019; Payne et al., 2018, 2013; Peachey et al., 2015). Parmi les rares études conduites *in vivo*, une réduction des OPG a été rapportée chez l'âne recevant des extraits de *Trachyspermum ammi* dans l'alimentation (Imani-Baran et al., 2020), ou une formulation de phytothérapie incluant *Cardus mariano*, *Eucalyptus globulus*, *Gentiana lutea*, *Urtica urens*, et *Mallotus philippinensis* (Arfuso et al., 2020). À l'inverse, aucune réduction de l'excrétion n'a été observée chez des ânes recevant une formulation à base d'extraits de *Mallotus philippinensis*, *Carduus marianus*, *Urtica urens*, *Genziana lutea*, et *Eucalyptus globulus* (Papini et al., 2020) ou chez des chevaux recevant de l'ail frais (*Allium sativum*) (Buono et al., 2019). Enfin, d'autres études n'ont pas permis d'aboutir à une conclusion ferme (e.g. Jatzlau et al., 2014).

Au cours de la thèse de Claire Collas, nous avons testé pour la première fois chez le cheval l'intérêt d'une légumineuse nutritive riche en tanins, le **sainfoin** (*Onobrychis viciifolia*) [pub. 4]. Les propriétés anthelminthiques de cette plante avaient été mises en évidence dans le cadre de plusieurs études conduites *in vitro* et *in vivo* sur les parasites de ruminants (e.g. Heckendorn et al., 2006; Hoste et al., 2012; Paolini et al., 2005). Au plan phytochimique, les tanins condensés sont des polyphénols généralement hydrosolubles, polymères constitués à partir de monomères de base (flavonoïdes). Une de leurs principales propriétés est de former des complexes avec des macromolécules, notamment les protéines. Ainsi, deux hypothèses non exclusives ont été avancées pour expliquer le rôle anthelminthique de ces composés chez les ruminants : une hypothèse pharmacologique, expliquant les effets des polyphénols par une action directe perturbant les structures et les fonctions des divers stades parasitaires au sein des organes digestifs (i.e. réduction de l'établissement des L3 dans l'hôte, diminution de l'excrétion d'œufs en raison de la mortalité des vers ou de la diminution de la fertilité des vers femelles, moindre développement des œufs en L3), et une hypothèse « indirecte » liée à une réponse immunitaire locale dans les muqueuses de l'animal, stimulée par un apport accru de protéines digestibles dans l'intestin du fait de la limitation de leur dégradation dans le rumen en présence des tanins condensés. De nombreux résultats *in vitro* et *in vivo* ont conforté la première

hypothèse (Hoste et al., 2012) et ont montré qu'en plus des tanins, certains flavonoïdes étaient dotés de propriétés anthelminthiques (Brunet & Hoste, 2006; Molan et al., 2003). Les plantes nutritivement riches en tanins ne conduisent toutefois pas à l'élimination de la totalité des vers, mais interfèrent avec plusieurs stades clés de leur cycle. Chez les ruminants, Hoste et al. (2012) ont conclu qu'un seuil minimal de 3-5% de tanins condensés dans la ration devait être atteint pour observer des effets anthelminthiques. De plus, des facteurs qualitatifs (i.e. structure des composés) peuvent moduler la bioactivité des tanins (ratio prodelphinidines/procyanidines, taille des polymères) (Hoste et al., 2015). Les principaux facteurs influençant la teneur et la composition en composés secondaires du sainfoin sont les conditions environnementales (e.g. stade phénologique, zones ou caractéristiques du sol pour la culture, climat et saisons), les facteurs génétiques et les procédés technologiques (e.g. fourrage vert vs. foin, ensilage et granulés). En collaboration avec la société Multifolia (Viapprès-le-Petit, France), qui évalue l'efficacité de ses granulés déshydratés de sainfoin dans le cadre de travaux conduits avec INRAE sur différentes espèces (caprins, ovins, lapins), nous avons comparé l'excrétion d'œufs de strongles de jeunes chevaux de selle (2 ans) naturellement infestés recevant pendant 18 jours soit (i) un régime riche en tanins (3.6%MS de tanins condensés) comprenant 70%MS de granulés déshydratés de sainfoin, (ii) un régime enrichi en protéines, (iii) un régime témoin (**[pub.4]**). Les trois régimes étaient iso-énergétiques, couvrant en moyenne 94% des besoins énergétiques des animaux, et les régimes « sainfoin » et « protéines » étaient iso-protéiques et excédents en protéines (227% des besoins protéiques couverts vs. 93% dans le lot témoin), ce qui était acceptable au plan nutritionnel sur la durée de la cure. Cette durée était comparable à celle mise en œuvre dans les études rapportant un effet anthelminthique chez les petits ruminants (Hoste et al., 2012 pour une synthèse). Les régimes « protéines » et « témoin » ont été comparés pour évaluer l'intérêt d'une suralimentation protéique, tandis que la comparaison des régimes « sainfoin » et « protéines » a permis de tester les effets des métabolites secondaires du sainfoin. Notre essai n'a pas mis en évidence d'influence des régimes sur l'excrétion d'œufs de strongles par les chevaux, ni sur l'évaluation de leur charge en vers adultes. Des tests *in vitro* réalisés à partir des granulés de sainfoin mis en solution ont néanmoins révélé leur effet inhibiteur sur l'éclosion des œufs de strongles et leur développement en larves (**Fig. 18 a, b**).



Figure 18 a) Pourcentage d'œufs de strongles développés en larves infestantes L3 après 15j d'incubation *in vitro*, selon la proportion de sainfoin mélangée avec des fèces de chevaux naturellement parasités. Les moyennes avec différentes lettres (a, b) sont significativement différentes à $p < 0.05$ (moyenne \pm e.s.) (issue de **[pub. 4]**).

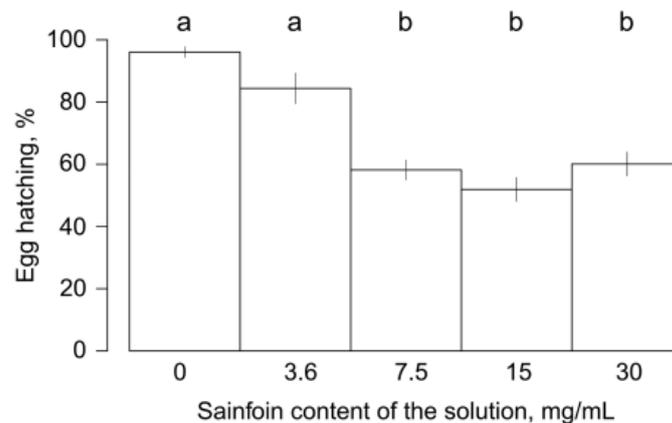


Figure 18 b) Pourcentage d'œufs de strongles ayant éclos et donné des larves de second stade L2 après 48h d'incubation *in vitro*, selon la concentration en granulés de sainfoin dans la solution. Les moyennes avec différentes lettres (a, b) sont significativement différentes à $p < 0.05$ (moyenne \pm e.s.) (issue de [pub. 4]).

Ces premiers résultats encourageants permettaient d'envisager d'utiliser une cure de sainfoin dans l'alimentation du cheval pour réduire le taux de contamination des parcelles par les strongles. A la suite de ce travail, nous avons donc décidé de tester l'efficacité du sainfoin pour limiter le développement des larves infestantes *in vivo*. Nous souhaitons également élargir la gamme de plantes étudiées pour inclure un second modèle de fourrage nutricament exploitable en régions tempérées, d'une part (i.e. la chicorée fourragère, *Cichorium intybus* L., Asteraceae ; Pena-Espinoza et al., 2018 pour une synthèse), et différents extraits de plantes, d'autre part. Ainsi, depuis fin 2020, Guillaume Sallé et moi-même co-encadrons la **thèse de Joshua Malsa** qui mobilise une double approche : (i) criblage *in vitro* dans l'objectif d'**identifier** et de **caractériser les propriétés anthelminthiques et immunomodulatrices d'extraits de plantes**, (ii) évaluation *in vivo* de l'activité de l'extrait le plus prometteur et de **nutricaments** (sainfoin et chicorée fourragère).

Au démarrage de sa thèse, Joshua Malsa a soumis 20 jeunes chevaux de selle (2 ans) naturellement infestés soit à un régime comportant 70%MS de **sainfoin** (2.3%MS tanins condensés) (Multifolia), soit à un régime témoin à base de granulés de luzerne pendant 21j (plateau technique IFCE de Chamberet). Les deux régimes couvraient 100% des besoins énergétiques et 250% des besoins protéiques des animaux. L'excrétion individuelle d'œufs de strongles et leur développement en L3 a été mesurée, de même que l'effet du régime sur la composition en espèces de cyathostomes, en utilisant une approche de metabarcoding. Par ailleurs, les métabolites secondaires du sainfoin sont susceptibles de moduler la pharmacodynamie et l'activité des lactones macrocycliques pour conduire à une amélioration (Dupuy et al., 2003; Whitney et al., 2013) ou, à l'inverse, à une réduction (Gaudin et al., 2016) de leurs effets. Nous avons donc vermifugé l'ensemble des chevaux à l'ivermectine à l'issue des 21 jours d'application des régimes expérimentaux, puis mesuré le délai de réapparition des œufs dans les deux groupes jusqu'au 78^{ème} jour d'essai. Nous avons mesuré la concentration en ivermectine du plasma dans les quatre jours suivant la vermifugation, période à l'issue de laquelle le régime expérimental des chevaux a été remplacé par une alimentation classique dans les deux lots (Malsa et al., Parasitology, en révision).

Au cours de l'été 2022, nous testerons l'efficacité du pâturage de la **chicorée fourragère** (var. Puna II) par les chevaux pour limiter l'excrétion d'œufs de strongles et leur développement en L3 (plateau technique IFCE de Chamberet). La chicorée fourragère suscite un intérêt croissant pour l'alimentation animale compte tenu de ses spécificités morphologiques et physiologiques. En particulier, sa productivité en conditions de déficit hydrique et sa capacité d'adaptation à un grand nombre d'environnements sont ses principaux atouts dans un contexte de nécessaire adaptation des systèmes d'élevage aux aléas climatiques. La composition chimique de la chicorée est relativement stable durant la saison de pâturage (Sanderson et al., 2003) : sa teneur en protéines est variable selon les études (100 à 250gMAT/kgMS) mais sa teneur en fibres est relativement faible (de l'ordre de 350g/kgMS) et elle est riche en minéraux. Chez les ruminants, la consommation de chicorée au pâturage à hauteur de 50 à 70%MS de la ration (pendant une durée comprise entre 22 et 84j selon les essais) a permis de réduire les OPG et/ou le nombre de vers adultes des espèces de l'abomasum (Pena-Espinoza et al., 2018 pour une synthèse). L'effet anthelminthique direct de la chicorée semble majoritaire même si quelques travaux décrivent un possible renforcement de l'activité immunitaire (Tzamaloukas et al., 2006). Les composés des feuilles pour lesquels une bioactivité a été rapportée sont les sesquiterpène lactones, les acides hydroxycinnamique, les flavonoïdes, les anthocyanines et les coumarines (Pena-Espinoza et al., 2018). Certains travaux suggèrent également un effet de la chicorée fourragère sur les stades libres de parasites, lié à l'activité anthelminthique de composés bioactifs dans les fèces et/ou à des modifications de la structure du couvert végétal (Marley et al., 2006b). En l'absence de références quant à l'utilisation de ce fourrage chez le cheval, nous avons vérifié son innocuité dans le cadre d'un pré-test mis en place avant le démarrage de la thèse de J. Malsa. L'essai à venir mobilisera des jeunes chevaux de selle infestés naturellement (2 ans) pâturant en rotation soit un couvert semé avec de la chicorée (10 individus), soit un couvert témoin de prairie permanente (10 individus). La composition botanique des parcelles des deux traitements sera déterminée au démarrage de l'expérimentation et nous caractériserons la structure et la valeur alimentaire des couverts tout au long des 40j d'essai. Nous déterminerons également la composition des bouchées des animaux à intervalles réguliers. La durée d'expérimentation, inférieure à la période prépatente des cyathostomes (i.e. six semaines minimum entre l'infestation et l'excrétion d'œufs correspondante), nous permettra de mesurer les effets de la consommation de chicorée sur une population parasitaire déjà établie. En l'absence de référence permettant d'exclure un effet potentiel de l'ingestion de L3 sur cette population, nous chercherons à homogénéiser le niveau d'infestation des parcelles des deux traitements en fauchant la prairie permanente au printemps, d'une part et en faisant pâturer l'ensemble des surfaces par d'autres chevaux infestés avant le démarrage de l'essai, d'autre part. Cette expérimentation sera complétée par une analyse *in vitro* de l'impact de la chicorée sur l'éclosion des œufs de cyathostomes et leur développement en larves.

Enfin, Joshua Malsa a récemment conduit une revue de la littérature visant à identifier de nouvelles plantes ou composés issus de plantes présentant une potentielle activité anthelminthique ou immunomodulatrice. A partir de la base de données USDA (Dr Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases), Joshua Malsa a sélectionné (i) quatre plantes compatibles avec une utilisation en médecine vétérinaire (ANSES) et pour lesquelles il n'existait pas de référence quant à leur activité sur les nématodes gastro-intestinaux, (ii) huit composés trouvés soit dans des plantes dont l'activité anthelminthique a été décrite et compatibles avec un usage vétérinaire, soit dans les quatre plantes sélectionnées pour le criblage. Par ailleurs, 17 extraits de plantes fournis par la société Pancosma sont également testés. Joshua Malsa a été accueilli pendant neuf mois au sein du Département des sciences vétérinaires et animales de l'université de Copenhague où il a bénéficié de l'expertise de notre collègue Andrew Williams pour analyser **l'activité immunomodulatrice de ces extraits** sur des monocytes circulants. **L'activité anthelminthique** des différents échantillons doit être à

présent évaluée à partir d'un essai de développement larvaire et d'un essai de migration larvaire réalisés à l'UMR ISP d'INRAE. Le design expérimental visant à confirmer *in vivo* les effets de l'extrait le plus prometteur sera déterminé à l'issue des tests réalisés *in vitro*.

La thèse de Joshua Malsa permettra donc une avancée scientifique dans l'évaluation de l'efficacité de fourrages nutritifs et de différents extraits de plantes vis-à-vis de la gestion des cyathostomes, et contribuera à préciser leurs modes d'action. La poursuite de notre travail dépendra des résultats à venir mais elle pourrait comprendre l'analyse des interactions en jeu entre ces plantes, le microbiote intestinal et la communauté parasitaire. Chez les équins, de premiers travaux conduits en collaboration entre G. Sallé et l'UMR GABI d'INRAE (Génétique Animale et Biologie Intégrative) ont mis en évidence des modifications du microbiote intestinal et un plus fort taux de monocytes circulants chez des individus résistants aux parasites, comparativement à des individus sensibles (Clark et al., 2018). Chez le porc, des interactions complexes entre l'inuline (un composé contenu dans les racines de chicorée), le système immunitaire de l'hôte et le microbiote intestinal ont conduit à réduire l'infestation parasitaire (Myhill et al., 2018). Afin de limiter les possibilités d'adaptation des parasites, des approches reposant sur l'utilisation combinée de plantes ou d'extraits affectant les cyathostomes via différents mécanismes pourront également être explorées. Au pâturage, des travaux conduits chez les ovins ont par ailleurs montré que la structure d'un couvert de lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) ou de chicorée fourragère affectait le développement des stades libres de parasites (Marley et al., 2006b). Dans la continuité du travail de J. Malsa qui fournira de premiers résultats relatifs à l'efficacité anthelminthique de la chicorée chez des chevaux infestés, nous pourrions analyser les effets du couvert sur les stades libres de cyathostomes, d'une part et travailler à définir les conditions d'exploitation de cette ressource qui permettent de combiner les objectifs antiparasitaires et nutritionnels, d'autre part. Ce deuxième volet impliquera d'être en mesure de caractériser la digestibilité de la chicorée fourragère chez le cheval, travail que nous pourrions conduire en collaboration avec l'Institut Agro Dijon. A plus long terme, lorsque nous aurons identifié des plantes d'intérêt vis-à-vis de la gestion des cyathostomes et mieux compris leurs mécanismes d'action, nous pourrions développer des approches combinant leur utilisation avec d'autres pratiques de gestion alternative et avec l'utilisation raisonnée des anthelminthiques de synthèse. Dans tous les cas, le choix des stratégies à tester devra intégrer une évaluation de leur coût économique, de leur facilité de mise en œuvre et de leur compatibilité avec les autres objectifs de la ferme afin de faciliter leur appropriation par les éleveurs.

3.2. Impact de la diversité intra-système et de sa gestion sur les performances et la résilience de systèmes herbagers associant équins et bovins

Dans un contexte où l'élevage est soumis à de fortes demandes sociétales visant à réduire son empreinte environnementale et à favoriser le bien-être animal, l'élevage d'équidés et/ou les activités équinnes (e.g. pension, centre de reproduction, activités équestres ; Bailey et al., 2000) constituent une voie de diversification intéressante pour les élevages de ruminants. Les équins émettent peu de méthane (Vermorel, 1997) et leur comportement alimentaire (ingestion élevée de fourrages grossiers, création de zones d'herbe rases au sein d'une mosaïque hétérogène) contribue à maintenir les espaces ouverts et à préserver leur biodiversité (Garrido et al., 2019; Köhler et al., 2016). Seule une faible part de la production équine est destinée à la consommation de viande et il est peu probable que cette tendance s'inverse. Toutefois le cheval a toute sa place dans un contexte où l'on souhaite valoriser la multifonctionnalité de l'élevage et valoriser les services qu'il rend à la société. Certains usages du cheval favorisent la connexion de l'homme à la nature (e.g. tourisme équestre) et limitent le recours à la mécanisation, par

exemple lorsque la traction animale est utilisée pour le travail du sol (ECUS, 2021). Des travaux sur les différentes fonctions que peuvent remplir le cheval de trait au sein des exploitations bovines ont été conduits (Lortal et al., 2010; Valleix et al., 2020), mais les références sont limitées pour les chevaux de selle et les poneys qui sont majoritaires, et pour lesquels une plus forte intégration au sein des élevages de ruminants favoriserait l'insertion dans le milieu agricole et l'accès au foncier.

Les travaux que j'envisage à l'échelle de l'exploitation agricole porteront sur des **systèmes herbagers associant des chevaux de selle (élevage et/ou activités équinés) et des bovins allaitants** puisque ceux-ci sont majoritairement associée aux chevaux en France et en Europe. Je souhaite en particulier analyser l'effet du **niveau de diversité** des exploitations et de leur **gestion** (en particulier le niveau d'intégration entre les ateliers) sur leurs **performances productives et environnementales** et leur **résilience face à des aléas climatiques et des marchés**. Les enquêtes réalisées au cours de la thèse de Louise Forteau sur des élevages mixtes chevaux de selle – bovins allaitants ont mis en évidence une variabilité importante de leurs caractéristiques structurelles (e.g. ratio d'espèces, type et nombre d'activités) et du mode de conduite des animaux et des parcelles, y compris au sein d'une même région.

Je rappellerai ici les atouts et les limites des différentes formes de diversité rencontrées au sein des systèmes herbagers, en spécifiant les connaissances disponibles pour les systèmes comportant des équins.

Espèces animales et conduite des troupeaux :

Complémentarité de prélèvement entre espèces : Du fait de leurs besoins nutritionnels et de leurs caractéristiques morphologiques et digestives, les bovins, les équins et les petits ruminants présentent des aptitudes contrastées pour satisfaire à leurs besoins quotidiens en exploitant des zones d'herbe rase, pour digérer les fourrages grossiers, et pour détoxifier les composés secondaires des dicotylédones. Les travaux conduits lors de la thèse de Louise Forteau ont mis en évidence une meilleure valorisation de l'herbe dans des systèmes associant équins et bovins comparativement à des systèmes équinés spécialisés, qui permet d'accroître le chargement des prairies sans avoir recours à la fertilisation minérale. Le pâturage mixte bovins-équins permet également de créer un couvert structurellement diversifié et riche en espèces (Loucougaray et al., 2004). Une étude récente a montré que le pâturage mixte ovins-bovins pouvait aussi augmenter la diversité spécifique de plusieurs groupes fonctionnels (insectes prédateurs, microfaune du sol, etc.) et les services écosystémiques qui leur sont associés (Wang et al., 2019). Toutefois, il y a un risque que l'exploitation plus complète des couverts nuise à leur biodiversité de par les relations qui lient l'hétérogénéité des couverts, l'abondance des plantes à fleurs et la diversité spécifiques des orthoptères et des insectes pollinisateurs (Dumont et al., 2022a). Par ailleurs, le pâturage mixte avec des bovins offre l'opportunité de réduire l'infestation parasitaire des petits ruminants (Marley et al., 2006a) et des équins **[pub. 3]** grâce au mécanisme de dilution parasitaire, et ainsi de limiter la fréquence des traitements. Il nécessite toutefois d'être raisonné de manière à favoriser la complémentarité des choix alimentaires des espèces pour espérer tirer parti de ses bénéfices (**Fig. 19**) **[pub. 2]**.

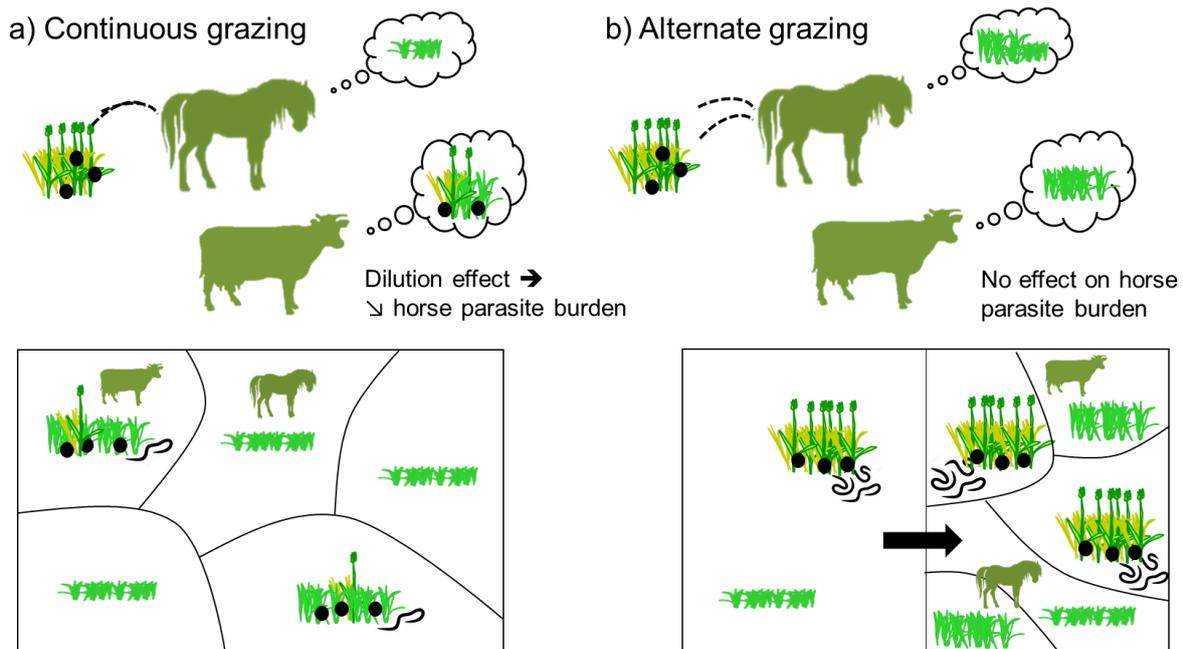


Figure 19. Effets contrastés du pâturage mixte équin-bovin sur la charge parasitaire des équins et l'utilisation de la végétation selon la gestion du pâturage: **a)** pâturage continu (adapté de [pub.3]); **b)** pâturage alterné entre deux sous-parcelles (adapté de [pub.2]). En pâturage continu, les bovins ont été exclus des patches végétatifs ras et se sont reportés sur les zones d'herbes hautes matures où ils ont pâturé à proximité des fèces des chevaux, ce qui n'a pas été observé en situation de pâturage alterné entre deux sous-parcelles. Les fèces des chevaux et les larves de strongles sont représentés en noir dans chacun des deux modes de conduite du pâturage.

Performances économiques des systèmes mixtes : Plusieurs travaux relatifs à la mixité bovins-ovins rapportent de meilleures performances animales comparativement au pâturage monospécifique, du fait de l'amélioration de la valeur alimentaire du couvert et/ou de la limitation du parasitisme (d'Alexis et al., 2014; Jerrentrup et al., 2020). Des études conduites en systèmes ruminants montrent que la mixité d'espèces permet de réduire les coûts de production par rapport aux systèmes spécialisés grâce aux économies d'intrants et d'équipements. L'utilisation partagée des mêmes facteurs de production entre ateliers fait référence au concept d'économies de gamme. Il existe toutefois une limite possible au gain économique de la mixité d'espèces (et plus largement de la diversification des systèmes d'élevage) liée au fait qu'une espèce ou une production est généralement moins profitable que l'autre (Roest et al., 2018). Toutefois, les systèmes d'élevage diversifiés ont toutes les chances d'être plus résilients face à la fluctuation des conditions de marché (e.g. mixité bovins-ovins ; Mosnier et al., 2021; Mugnier et al., 2020), et ceci d'autant plus que les ateliers ne sont pas sensibles aux mêmes aléas pour leurs facteurs de production, et que leurs productions ne se concurrencent pas sur le même marché (Diakitè et al., 2019; Mosnier et al., 2021). A notre connaissance, de telles références économiques ne sont pas disponibles dans le cas de systèmes associant ruminants et équins de selle.

Le travail procure à la fois satisfactions et contraintes en systèmes mixtes : Bien que les éleveurs considèrent généralement la charge de travail élevée associée à la mixité d'espèces comme une contrainte, ils mentionnent également le plaisir d'un travail varié et la flexibilité d'organisation permise (e.g. réduction du recouvrement entre les pics de travail associés à chaque espèce) (Mugnier et al., 2020). Associer une nouvelle espèce à un système d'élevage de ruminants peut également être l'occasion d'installer un nouvel associé ; c'est par exemple ce qui a été observé dans les systèmes associant des bovins et des porcs dans le Massif central

(projet Aporthe). La gestion d'un système d'élevage associant deux espèces ne s'est pas traduit par une augmentation de la charge mentale des éleveurs (Steinmetz et al., 2021). Dans le cas de la mixité chevaux de selle - bovins allaitants où le temps passé à s'occuper des équins est élevé, la charge de travail globale semble peu affectée par l'intégration d'un atelier bovin (Dumont et al., 2020). Un travail complémentaire d'analyse de ces données est en cours sur 17 exploitations mixtes enquêtées par L. Forteau, qui prend en compte la diversité des conduites des troupeaux et des parcelles, la diversité des activités liées au cheval, le niveau de polyvalence des travailleurs et le niveau de performance escompté pour les chevaux produits.

Diversité des ressources et de leurs modes de gestion :

Au sein d'une prairie, la diversité des espèces végétales peut contribuer à tamponner les événements de sécheresse par exemple, via la mobilisation d'une large gamme de traits des plantes (Grange et al., 2021). Mais la diversité d'une prairie ne peut à elle seule tamponner toutes les perturbations et diversifier les types de prairies au sein d'une exploitation permettrait d'accroître sa résilience. Dans des systèmes herbagers gérés de manière intensive, il peut s'agir de cultiver des espèces fourragères tolérantes à la sécheresse sur certaines parcelles. Cette diversification est également susceptible d'accroître les performances animales via l'amélioration de la valeur nutritive des parcelles, une plus grande souplesse d'utilisation de prairies qui n'arrivent pas toutes à maturité au même moment, l'augmentation de l'ingestion volontaire des animaux soumis à une offre plus diversifiée (Ginane et al., 2002) et/ou la limitation de l'infestation parasitaire grâce aux composés bioactifs présents dans les dicotylédones des couverts diversifiés et dans certains fourrages cultivés (e.g. sainfoin, chicorée). Dans les systèmes sylvopastoraux, les feuilles d'arbres, par exemple de frêne, constituent des ressources alimentaires supplémentaires, en plus des bénéfices directs et indirects de l'ombrage qu'offrent les arbres aux animaux (Moreno et al., 2018). Au-delà de la diversification des systèmes fourragers, il est nécessaire de raisonner l'intensité d'utilisation des prairies et des autres ressources fourragères pour accroître la résilience du système (e.g. Melts et al., 2018) et préserver les services intrants (sensu Zhang et al., 2007) et les services de régulation. La diversité prairiale est souvent favorisée par une intensité d'utilisation modérée à faible des couverts, ce qui peut réduire leur valeur alimentaire. Toutefois, les parcelles diversifiées utilisées à des chargements allégés constituent une ressource alimentaire tout à fait adaptée à des animaux à besoins modérés. Enfin, la diversification de la mosaïque prairiale augmente également sa valeur esthétique paysagère et peut améliorer la perception des systèmes d'élevage herbagers par la société (Casado-Arzuaga et al., 2014).

Diversité des produits et des activités :

L'élevage de différentes espèces animales, et la transformation/valorisation de leurs produits sur l'exploitation crée une valeur ajoutée qui peut améliorer sensiblement le revenu des éleveurs (Steinmetz et al., 2021; Ulukan et al., 2022) et favoriser l'adaptation des exploitations face aux fluctuations du prix du marché (Martin et al., 2020). Cette diversification via les produits implique toutefois de nouvelles compétences techniques voire de lourds investissements initiaux qui constituent des freins. Dans les systèmes de polyculture-élevage, la production de céréales et de légumineuses utilisées pour alimenter les animaux de l'exploitation augmente la compétition entre l'alimentation animale et humaine, et peut conduire à gérer les prairies avec moins d'attention (Dumont et al., 2022b). La diversification basée sur d'autres activités que la production agricole, par exemple ouvrir un gîte, proposer des activités équestres, permet de déconnecter une part du revenu des risques climatiques et des fluctuations du cours des matières premières et des produits vendus. Toutefois, le désengagement de l'activité agricole peut aussi avoir des répercussions négatives sur la conduite des prairies. Ainsi, dans les Pyrénées espagnoles, le remplacement de l'élevage ovin, peu rémunérateur et coûteux en main d'œuvre

par une activité de tourisme équestre, associé à une gestion simplifiée des couverts, en particulier un abandon de la fauche, met en péril des communautés prairiales de haute valeur écologique (López-i-Gelats et al., 2015). A contrario, des éleveurs équins pluriactifs en Allemagne gèrent leurs parcelles avec autant de soin que des éleveurs à temps plein, préservant ainsi la même valeur écologique des prairies (Hüppe et al., 2020)

(i) Dans la continuité de la thèse de L. Forteau, le premier projet que j'envisage de conduire mobilisera des **enquêtes en exploitations** associant **bovins allaitants et chevaux de selle**, dans une **large gamme de diversité intra-système**. Nous souhaitons décrire cette diversité en proposant un indicateur synthétique qui englobe les animaux, les ressources végétales et les activités. Pour cela, nous **caractériserons les intégrations** entre :

Animaux et prairies : alimentation des animaux sur les différentes parcelles caractérisées à partir de la typologie des prairies qui évalue leur contribution aux services écosystémiques; alimentation des animaux à partir des fourrages récoltés ; fertilisation des prairies avec les déjections animales.

Animaux et animaux : part des prairies exploitées en pâturage mixte; logement des différents types d'animaux.

Animaux et cultures : part et types de cultures utilisés pour couvrir tout ou partie des besoins nutritionnels des animaux et pour gérer le parasitisme gastro-intestinal ; utilisation des pailles pour la litière ; fertilisation des cultures avec les déjections animales.

Prairies temporaires et cultures : part et types de cultures conduites en rotation avec des prairies temporaires ; fonctions de ces cultures dans le système.

Ateliers d'élevage et activités complémentaires (ateliers de transformation et modes de commercialisation des produits, ateliers de valorisation pour les équins, autres activités : pension, centre de reproduction, randonnées, etc.).

Nous analyserons les conséquences de ces choix de production et du degré d'interactions entre les composantes du système sur l'**organisation du collectif de travail** (planification des activités; spécialisation vs. polyvalence), grâce à la collaboration initiée avec Sylvie Cournut (VetAgro Sup) lors de la thèse de L. Forteau. Les travaux réalisés récemment dans le cadre du programme New-DEAL sur la diversité de l'élevage en Auvergne soulignent l'importance de considérer le travail comme un élément à part entière du système à gérer et à ajuster aux autres composantes, plutôt que comme une simple contrainte (Mugnier et al., 2020). Ce projet bénéficiera du développement, au sein de notre équipe COMETE, d'indicateurs caractérisant les intégrations entre pratiques d'élevage, organisation du travail et valorisation des produits au sein de systèmes d'élevages mixtes associant bovins allaitants et ovins, porcs ou volailles (thèse de Lucille Steinmetz ; Martin et al., 2020; Ulukan et al., 2022), d'une part, et entre pratiques d'élevage et organisation du travail dans des systèmes mixtes chevaux de selle – bovins allaitants (analyse en cours sur les données de L. Forteau), d'autre part.

Nous analyserons l'effet du niveau de diversité des systèmes étudiés et de la complexité du réseau d'interactions engagées sur les **synergies et la limitation des antagonismes entre les performances économiques, environnementales et sociales des exploitations**. Nous nous appuyerons pour cela sur le travail en cours au sein de l'UMT SeSAM, visant à développer une grille d'évaluation multicritères commune aux productions allaitantes bovines, équinnes et ovines. La prise en compte de la dimension économique dans le cadre de ce nouveau projet me conduira à mettre en place de nouvelles collaborations d'une part avec mes collègues économistes de l'équipe COMETE, spécialistes des systèmes ruminants, et d'autre part avec des collègues des instituts techniques spécialistes de l'économie de la filière équine (IFCE – INRAE UMR MOISA, Céline Vial ; IDELE, Sophie Boyer ; Observatoire économique EQUICER). L'analyse des performances environnementales de ces systèmes bénéficiera

d'indicateurs en cours de développement dans le cadre de l'adaptation de l'outil CAP'2ER® aux exploitations équinnes (Agata Rzekec, IFCE, en collaboration avec l'IDELE). En complément, nous utiliserons la typologie nationale des prairies permanentes (Launay et al., 2011) pour caractériser certaines parcelles à partir de critères simples repérables sur le terrain. Nous évaluerons ainsi la contribution des systèmes herbagers équinnes-bovins à la fourniture de services environnementaux (en lien avec leur richesse et leur diversité floristique), en plus de produire de nouvelles références sur l'évolution saisonnière des couverts, leur production de biomasse et leur valeur alimentaire selon la conduite des parcelles et des troupeaux. Nous réfléchissons également à une manière d'adapter au cas du pâturage équin des indicateurs développés récemment dans le cadre de systèmes herbagers de ruminants, qui prédisent la richesse spécifique des papillons, bourdons et orthoptères à partir d'indicateurs simples de la conduite des parcelles et de leur composition floristique (Dumont et al., 2022a). De nouvelles collaborations pourront être initiées sur ce thème avec les Universités de Göttingen (Allemagne) et de Liverpool (Royaume-Uni) dont les travaux récents analysent les déterminants de la gestion des troupeaux et des parcelles au sein des élevages équinnes et leurs conséquences sur la biodiversité prairiale (Furtado et al., 2022; Hüppe et al., 2020).

Ce travail relatif à **l'influence de la diversité intra-système et de sa gestion sur les performances de l'exploitation consistera mon activité propre**. Je le conduirai en y associant un étudiant en Master 2, en prévision de la définition d'un **sujet de thèse centré sur l'analyse des mécanismes sous-jacents** à la multi-performance des systèmes diversifiés. Au vu de notre expérience récente d'encadrement de plusieurs doctorants sur des approches systèmes au sein de l'équipe COMETE, cette stratégie me semble en effet plus sécurisante pour le doctorant qui pourra disposer plus rapidement de résultats valorisables par plusieurs publications. Elle est renforcée par le fait que mon expérience encore limitée des études systémiques fait que je me considère plus apte à encadrer une première thèse centrée sur l'analyse des processus. En complément de ce travail, je prévois de seconder ma collègue sociologue Vanina Deneux (IFCE accueillie à INRAE, UMR Innovations) dans la conduite d'une analyse des **verrous et des leviers à une plus forte intégration des chevaux de selle au sein des systèmes bovins allaitants et au développement des systèmes jugés les plus vertueux**.

(ii) Dans un second temps, je souhaite mettre en œuvre un suivi longitudinal de certaines exploitations associant bovins et équinnes et les intégrer aux travaux de modélisation développés au sein de l'équipe COMETE. L'objectif sera d'analyser, et in fine d'accroître, la **résilience des exploitations mixtes équinne-bovine face à une diversité d'aléas économiques et climatiques**. J'envisage de considérer ces deux types d'aléas bien qu'ils mobilisent différents leviers d'adaptation à l'échelle de l'exploitation (e.g. diversification des ressources fourragères dans le cas de l'aléa climatique, diversification des produits et des activités dans le cas de l'aléa économique) car je suis la seule à travailler sur cette thématique dans le cas des systèmes herbagers intégrant des équinnes. La réflexion d'un futur projet centré sur la résilience des exploitations sera facilitée par ma contribution prochaine au projet européen Agroecology-TRANSECT (Trans-disciplinary approaches for systemic economic, ecological and climate change transition, septembre 2022-2026), coordonné par mon collègue Bertrand Dumont. Le projet TRANSECT mobilise un réseau de 11 laboratoires innovants représentatifs de l'agriculture européenne et vise à préciser l'impact des pratiques agro-écologiques mises en œuvre au sein des différents systèmes sur (i) leur capacité à s'adapter au changement climatique et à limiter leur contribution au réchauffement, (ii) leur résilience socio-économique et (iii) la préservation de la biodiversité. Les travaux sur l'évaluation multicritères des systèmes d'élevage auxquels je contribue a conduit B. Dumont à me proposer de participer à l'encadrement d'un post-doctorant sur les deux premières années du projet. La mission confiée

à ce post-doctorant sera (i) de réaliser une méta-analyse de la bibliographie sur les atouts et les limites des pratiques agroécologiques vis-à-vis des trois volets « changement climatique, résilience socio-économique, biodiversité », puis (ii) à partir de cette méta-analyse et de l'expertise des différents acteurs du projet, de proposer des indicateurs simples permettant d'enrichir l'outil d'évaluation multicritères TAPE (Tool for Agroecology Performance Evaluation) proposé par la FAO, qui a pour vocation de devenir l'outil de référence pour évaluer le fonctionnement et les performances des systèmes agroécologiques (Mottet et al., 2020).

CONCLUSION

Au travers de ce projet, je souhaite renforcer mon rôle d’animation des recherches visant à favoriser la transition agroécologique des systèmes équins herbagers. Ma démarche, tout à fait originale sur ce type de systèmes, implique des collaborations avec des collègues de plusieurs disciplines dans le cadre des différents principes que je mobilise (**Fig. 20**). De nouveaux partenariats devront être prochainement initiés, en particulier pour préciser les conditions qui permettent d’optimiser les performances et de renforcer la résilience des systèmes herbagers associant chevaux de selle et bovins allaitants.

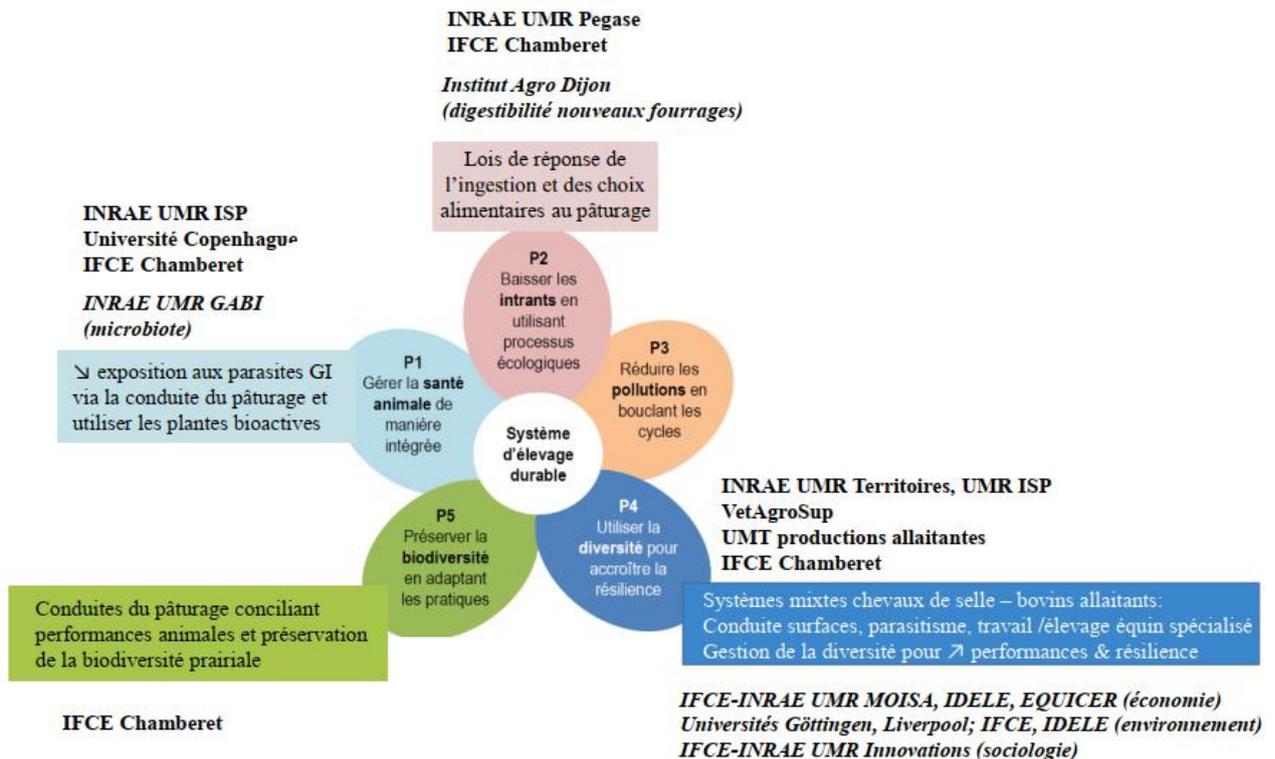


Figure 20. Récapitulatif de mes travaux en lien avec les principes de l’agroécologie et principales collaborations scientifiques (gras : en cours, gras italique : à développer) en dehors des collègues de l’équipe COMETE.

Je prévois de conduire mon programme de recherches en combinant une démarche systémique que je prendrai en charge, et des travaux analytiques que je confierai prioritairement aux jeunes scientifiques sous ma responsabilité. Je continuerai à coordonner des projets de recherche nationaux que je soumettrai au CS de l’IFCE et à différents guichets de financement complémentaires, et je chercherai à intégrer nos travaux au sein de projets européens multi-espèces. Mon expérience d’animation scientifique, bien que conduite à l’échelle française, me permet d’envisager de prendre la responsabilité d’un des axes de travail au sein de ce type de projets. Selon plusieurs collègues travaillant sur le modèle cheval dans diverses disciplines, il semble par contre difficile de prétendre au financement de projets européens centrés sur cette espèce. Au-delà de la collaboration avec mes pairs scientifiques, je continuerai d’interagir avec les ingénieurs de développement IFCE dès la phase de construction de mes projets afin de bénéficier de leur expertise relative au fonctionnement des systèmes équins herbagers, d’une

part et de définir notre stratégie de diffusion des résultats, d'autre part. Le Plateau technique IFCE de Chamberet restera un partenaire privilégié pour la conduite de nos travaux analytiques. En complément de mes recherches, j'envisage de consacrer une part un peu plus importante de mon activité à l'enseignement. Ainsi, je rencontrerai prochainement les responsables de la formation ingénieur agronome de VetAgro Sup pour définir les modalités de ma contribution à partir de 2023. Ceci me permettra de diffuser plus largement nos résultats auprès d'une population étudiante qui exprime son attente vis-à-vis des enseignements relatifs à la production équine et de favoriser le recrutement de futurs doctorants sur mes thématiques.

Ce mémoire d'HDR, et les échanges de points de vue qu'il pourra susciter, constituent pour moi un bilan d'étape important. Si les travaux réalisés jusqu'ici me conduisent à envisager des directions prioritaires à court et moyen terme, je reste ouverte à d'autres questions de recherche et opportunités de collaborations, y compris avec les quelques équipes investies sur l'élevage équin en milieu pastoral, en France et dans d'autres pays européens. Enfin, au moment de terminer la rédaction de ce rapport personnel, je tiens à souligner la dimension nécessairement collective de l'ensemble des travaux présentés et à remercier une nouvelle fois tous ceux qui y ont contribué.

LISTE DE MES PUBLICATIONS

Les publications cosignées avec un doctorant co-encadré sont en italique (sept publications scientifiques dans des revues à comité de lecture, 12 communications en congrès scientifiques et 24 productions techniques). Pour les congrès, l'auteur souligné est celui ayant présenté le travail.

I – PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

I.1 – Articles primaires

I.1.1. Dans périodique à comité de lecture

- 1) **Fleurance G.**, Rossignol N., Dumont B. 2022. Diurnal observation of feeding choices in grazing horses correctly predicts their daily diet composition. Applied Animal Behaviour Science, open access <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105652>
- 2) **Fleurance G.**, Sallé G., Lansade L., Wimel L. Dumont B. 2022. Comparing the effects of horse grazing alone or with cattle on horse parasitism and vegetation use in a mesophile pasture. Grass and Forage Science, open access <https://doi.org/10.1111/gfs.12564>
- 3) *Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., **Fleurance G.** 2020. Horses grazing with cattle have reduced strongyle egg count due to the dilution effect and increased reliance on macrocyclic lactones in mixed farms. Animal 14, 1076-1082. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002738>*
- 4) *Collas C., Sallé G., Dumont B., Cabaret J., Cortet J., Martin-Rosset W., Wimel L., **Fleurance G.** 2018. Are sainfoin or protein supplements alternatives to control small strongyle infection in horses ? Animal 12, 359-365. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001124>*
- 5) **Fleurance G.**, Farruggia A., Lanore L., Dumont B. 2016. How does stocking rate influence horse behaviour, performances and pasture biodiversity in mesophile grasslands ? Agriculture, Ecosystems and Environment 231, 255-263. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.044>
- 6) Jouven M., Vial C., **Fleurance G.** 2015. Horses and rangelands : perspectives in Europe based on a French case study. Grass and Forage Science 71, 178-194. <https://doi.org/10.1111/gfs.12204>
- 7) *Collas C., Dumont B., Delagarde R., Martin-Rosset W., **Fleurance G.** 2015. Energy supplementation and herbage allowance effects on daily intake in lactating mares. Journal of Animal Science 93, 2520-2529. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8447>*
- 8) *Collas C., **Fleurance G.**, Cabaret J., Martin-Rosset W., Wimel L., Cortet J., Dumont B. 2014. How does the suppression of energy supplementation affect herbage intake, performance and parasitism in lactating saddle mares? Animal 8, 1290-1297. <https://doi.org/10.1017/S175173111400127X>*
- 9) Dumont B., Rossignol N., Loucougaray G., Carrère P., Chadoeuf J., **Fleurance G.**, Bonis A., Farruggia A., Gaucherand S., Ginane C., Louault F., Marion B., Mesléard F., Yaverovski N. 2012. When does grazing generate stable vegetation patterns in temperate pastures? Agriculture, Ecosystems and Environment 153, 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.03.003>

- 10) **Fleurance G.**, Duncan P., Fritz H., Gordon I.J., Grenier-Loustalot M-F. 2010. Influence of sward structure on daily intake and foraging behaviour by horses. *Animal* 4, 480-485. <https://doi.org/10.1017/s1751731109991133>
- 11) *Edouard N., Duncan P., Dumont B., Baumont R., Fleurance G.* 2010. Foraging in a heterogeneous environment – an experimental study of a trade-off between intake rate and quality. *Applied Animal Behaviour Science* 126, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.05.008>
- 12) **Fleurance G.**, Fritz H., Duncan P., Gordon I.J., Edouard N., Vial C. 2009. Instantaneous intake rate in horses of different body size: influence of sward biomass and fibrousness. *Applied Animal Behaviour Science* 117, 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.11.006>
- 13) *Edouard N., Fleurance G., Dumont B., Baumont R., Duncan P.* 2009. Does sward height affect feeding patch choice and voluntary intake in horses? *Applied Animal Behaviour Science* 119, 219-228. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.03.017>
- 14) *Edouard N., Fleurance G., Martin-Rosset W., Duncan P., Dulphy J-P., Grange S., Baumont R., Dubroeuq H., Pérez-Barberia J., Gordon I.J.* 2008. Voluntary intake and digestibility in horses: effect of forage quality with emphasis on individual variability. *Animal* 2, 1526-1533. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002760>
- 15) Donabédian M., van Weeren P.R., Perona G., **Fleurance G.**, Robert C., Léger S., Bergero D., Lepage O., Martin-Rosset W. 2008. Early changes in biomarkers of skeletal metabolism and their association to the occurrence of osteochondrosis in the horse. *Equine Veterinary Journal* 40, 1-7. <https://doi.org/10.2746/042516408X273657>
- 16) **Fleurance G.**, Duncan P., Fritz H., Cabaret J., Cortet J., Gordon I.J. 2007. Selection of feeding sites by horses at pasture: testing the anti-parasite theory. *Applied Animal Behaviour Science*, 108: 288-301. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.11.019>
- 17) Donabédian M., **Fleurance G.**, Perona G., Robert C., Lepage O., Trillaud-Geyl C., Léger S., Ricard A., Bergero D., Martin-Rosset W. 2006. Effect of fast vs moderate growth rate related to nutrient intake on developmental orthopaedic disease in the horse. *Animal Research* 55, 471-486. <https://doi.org/10.1051/animres:2006026>
- 18) **Fleurance G.**, Duncan P., Fritz H., Cabaret J., Gordon I.J. 2005. Importance of nutritional and anti-parasite strategies in the foraging decisions of horses at pasture: an experimental test. *Oikos* 110, 602-612. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13428.x>
- 19) Ménard C., Duncan P., **Fleurance G.**, Georges J.-Y., Lila M. 2002. Comparative foraging and nutrition of horses and cattle in European wetlands. *Journal of Applied Ecology* 39, 120-133. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00693.x>
- 20) **Fleurance G.**, Duncan P., Mallevaud B. 2001. Daily intake and the selection of feeding sites by horses in heterogeneous wet grasslands. *Animal Research* 50, 149-156. <https://doi.org/10.1051/animres:2001123>

1.1.2. Rapports diplômants

- 1) **Fleurance G.** 2003. Mode d'acquisition des ressources alimentaires par les chevaux. Rôle des stratégies nutritionnelle et antiparasitaire dans l'utilisation hétérogène des prairies. Thèse Doctorat Univ. Savoie, 174pp.
- 2) **Fleurance G.** 1998. A cheval entre la gestion des espaces sensibles et les stratégies d'approvisionnement. DEA Univ. Grenoble I, 35pp.

I.1.3. Communications courtes dans congrès et symposiums internationaux

- 1) Collas C., Briot L, **Fleurance G.**, Dozias D., Launay F., Feidt C., Jurjanz S. 2022. Soil ingestion by grazing horses and heifers. 73rd Annual Meeting of European Federation of Animal Production, 05-09 September, Porto, Portugal (*oral, accepted*).
- 2) **Fleurance G.**, Sallé G., Lansade L., Wimel L., Dumont B. 2022. Co-grazing horses and cattle requires appropriate management to provide its expected benefits. 29th European Grassland Federation general meeting, 26-30 June, Caen, France (*oral, accepted*).
- 3) Malsa J., **Fleurance G.**, Dumont B., Gombault P., Wimel L., Dubois C., Serreau D., Sallé G. 2021. Dehydrated sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) for the sustainable control of equine strongyles. 28th International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology, 18-22 July, Dublin, Ireland (*poster, accepted*).
- 4) **Fleurance G.**, Lanore L., Wimel L., Dubois C., Dumont B. 2018. Horses and cattle grazing a mesophile grassland select vegetation in a complementary way. In : Herbivore nutrition supporting sustainable intensification and agro-ecological approaches. Proceedings of the 10th International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Advances in Animal Biosciences (Baumont R., Silberberg M. Cassar-Malek I. Eds), 2-6 September, Clermont-Ferrand, France, p. 533 (*poster*).
- 5) Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., **Fleurance G.** 2018. Mixed grazing systems with horses and cattle : an alternative to control nematode infection. In : Herbivore nutrition supporting sustainable intensification and agro-ecological approaches. Proceedings of the 10th International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Advances in Animal Biosciences (Baumont R., Silberberg M. Cassar-Malek I. Eds), 2-6 September, Clermont-Ferrand, France, p. 673 (*communication orale*).
- 6) **Fleurance G.**, Collas C., Dumont B., Cabaret J., Cortet J., Martin-Rosset W., Wimel L., Sallé G. 2016. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) or extra proteins in the diet as an alternative to control strongyle infection ? In : Taste, nutrition and health of the horse. Proceedings of the 8th European Workshop on Equine Nutrition, 16-17 June, Dijon, France, 112-114 (*communication orale*).
- 7) Collas C., Sallé G., Dumont B., Cabaret J., Cortet J., Martin-Rosset W., Wimel L., **Fleurance G.** 2015. The effect of short-term consumption of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) or extra proteins on strongyle infection in horses. In : Novel approaches to chemical and non-chemical control (endo and ecto-parasites). Proceedings of the 25th International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology, 16-20 August, Liverpool, UK, p. 535 (*poster*).
- 8) Meunier B., Ginane C., Houdebine M., **Fleurance G.**, Mialon M-M., Silberberg M., Boissy A. 2015. Development of a multi-sensor and multi-application device for monitoring indoor and outdoor sheep behaviour. In : Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming (Guarino M & Berkman D. Eds.), 15-18 September, Milan, Italy, 230-233 (*communication orale*).
- 9) Collas C., **Fleurance G.**, Martin-Rosset W., Cabaret J., Wimel L., Dumont B. 2013. Effect of energy supplementation on grass intake, performances and parasitism in lactating mares. In : Proceedings of the 64th Meeting of the European Association for Animal Production, 26-30 August, Nantes, France, p. 355 (*communication orale*).
- 10) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A. 2010. How does stocking rate influence biodiversity in a hill-range pasture continuously grazed by horses? In : Proceedings of the 23rd

General Meeting of the European Grassland Federation (Schnyder et al. Eds), 29 August – 2 September, Kiel, Germany, 1043-1045 (**poster**).

11) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A., Edouard N., Lanore L. 2009. Effect of grazing intensity on diet selection and foraging behaviour by horses. In: Proceedings of the XXXI International Ethological Conference, 19-24 August, Rennes, France, 229-230 (**communication orale**).

12) *Edouard N., Fleurance G., Dumont B., Baumont R., Duncan P. 2009. Horse grazing behaviour: trade-off between intake rate and diet quality. In: Proceedings of the XXXI International Ethological Conference, 19-24 August, Rennes, France, p. 217 (poster).*

13) *Edouard N., Fleurance G., Dumont B., Baumont R., Duncan P. 2009. Foraging behaviour by horses facing a trade-off between intake rate and diet quality. In: Proceedings of the 60th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 24-27 August, Barcelona, Spain, p. 424 (communication orale).*

14) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A., Edouard N., Lanore L. 2008. Effect of horse grazing under different stocking rates on the selection of feeding patches. In: Multifunctional Grasslands in a Changing World. Proceedings of the XXI International Grassland Congress-VIII International Rangeland Congress, Volume I, 28 June – 5 July, Hohhot, China, p.449 (**poster**).

15) *Edouard N., Fleurance G., Martin-Rosset W., Duncan P., Dulphy J-P., Grange S., Baumont R., Dubroeuq H., Perez-Barberia J., Gordon IJ. 2008. Voluntary intake and digestibility in horses: individual variability in the effect of forage quality. In: Multifunctional Grasslands in a Changing World. Proceedings of the XXI International Grassland Congress-VIII International Rangeland Congress, Volume II, 28 June – 5 July, Hohhot, China, p.655 (poster).*

16) *Edouard N., Fleurance G., Duncan P., Dumont B., Baumont R. 2008. How does sward height and quality affect the choice of feeding sites and intake in horses? In: Multifunctional Grasslands in a Changing World. Proceedings of the XXI International Grassland Congress-VIII International Rangeland Congress, Volume I, 28 June – 5 July, Hohhot, China, p.447 (poster).*

17) *Edouard N., Fleurance G., Duncan P., Dumont B., Baumont R. 2007. How does sward accessibility affect intake and feeding choices in horses? In: Proceedings of the 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (van der Honing Y. Eds.), Dublin, Ireland, August 26th-29th, p.298 (communication orale).*

18) **Guillaume D., Fleurance G.**, Donabedian M., Robert C., Arnaud G., Schneider J., Leveau M., Ottogalli M., Chesneau D., Martin-Rosset W. 2006. Effect of nutrition on the occurrence of puberty in horses. In: Proceedings of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (van der Honing Y. Eds), Antalya, Turkey, p.9 (**communication orale**).

19) *Edouard N., Fleurance G., Fritz H., Vial C., Duncan P. 2006. Constraints on instantaneous intake rate in horses: testing models from ruminants. In: 11th Congress of the International Society for Behavioral Ecology, 23-28 July, Tours, France (poster).*

20) **Fleurance G.**, Trillaud-Geyl C., Donabédian M., Perona G., Bigot G., Arnaud G., Dubroeuq H., Martin-Rosset W. 2005. Effect of body weight gain on the skeletal growth in the sport horses. In: Proceedings of the 19th Equine Science Society Symposium, 31 May – 3 June, Tucson, Arizona, 129-134 (**communication orale**).

21) **Donabedian M.**, Perona G., **Fleurance G.**, Léger S., Bergero D., Martin-Rosset W. 2005. Fast growth and hormonal status associated to high feeding level model in the foal. In:

Proceedings of the 19th Equine Science Society Symposium, 31 May – 3 June, Tucson, Arizona, 23-24 (**communication orale**).

22) Donabedian M., **Fleurance G.**, Perona G., Trillaud-Geyl C., Robert C., Jacquet S., Denoix J-M., Lepage O., Bergero D., Martin-Rosset W. 2005. Effect of maximal vs moderate growth on osteoarticular development in the yearling. In: Proceedings of the 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (van der Honing Y. Eds), Uppsala, Sweden, p. 335 (**communication orale**).

23) Perona G., Donabedian M., **Fleurance G.**, Léger S., Bergero D., Martin-Rosset W. 2005. Equine developmental and hormonal consequences of high planes of nutrition. In: Proceedings of the 9th Congress of the European Society of Veterinary & Comparative Nutrition, 22-24 September, Grugliasco, Italy, p.90 (**communication orale**).

24) **Fleurance G.**, Trillaud-Geyl C., Bigot G., Donabédian M., Perona G., Martin-Rosset W. 2004. Effects of body-weight gain on skeleton development in growing sport horses. In: Proceedings of the 55th Annual Meeting of European Association for Animal Production (van der Honing Y. Eds), 5-9 September, Bled, Slovenia, p. 306 (**communication orale**).

25) **Fleurance G.**, Duncan P., Durant D., Loucougaray G. 2003. Impact of horses on pastures in the Atlantic marshes of France and consequences for management. In: Proceedings of the 54th Annual Meeting of European Association for Animal Production (van der Honing Y. Eds), 31 August – 3 September, Roma, Italy, p. 306 (**Prix de la meilleure communication orale des jeunes chercheurs de la Commission Equine**).

26) **Fleurance G.**, Duncan P. 2001. Voluntary intake of grass by horses at pasture. In: Proceedings of the 52th Annual Meeting of European Association for Animal Production (van der Honing Y. Eds), 26-29 August, Budapest, Hungary (**communication orale**).

27) Ménard C., **Fleurance G.**, Duncan P. 1999. Comparative nutritional ecology of equids and grazing bovids : testing the theory. In : Herbivore feeding strategies, population processes and impact on biodiversity, International meeting. Centre d'Etudes Biologiques de Chizé – CNRS, 7-9 July, Villiers-en-Bois, France (**communication orale**).

28) **Fleurance G.** 1999. Heterogeneous use of grasslands by horses: tests of two functional explanations. In : Herbivore feeding strategies, population processes and impact on biodiversity, International meeting. Centre d'Etudes Biologiques de Chizé - CNRS, 7-9 July, Villiers-en-Bois, France (**poster**).

1.1.4. Communications courtes dans journées scientifiques nationales

1) Delagarde R., Bonneau M., Boval M., Chapuis H., **Fleurance G.**, Germain K., Gidenne T., Ginane C., González-García E., Labussière E. 2019. Méthodes d'estimation de l'ingestion individuelle d'animaux élevés en groupe. In : Séminaire Défis Scientifiques, INRA Département de Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage, 6-8 novembre, Rennes, France (**communication orale**).

2) Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., **Fleurance G.** 2019. Contrôler l'infestation par les strongles chez le cheval de selle grâce au pâturage mixte avec les bovins. In : Stratégies alternatives aux antiparasitaires, Journée d'études du réseau scientifique SAEB, Paris, France, 20 mai (**communication orale**).

3) Dumont B., Farruggia A., **Fleurance, G.**, Carrère P., Pradel P., Rossignol N., Scohier A. 2009. Pâturage et biodiversité dans les systèmes herbagers. In : Journées d'Animation

Scientifique INRA du Département Phase, 07-08 octobre, Tours, France (**communication orale**).

4) *Edouard N., Fleurance G., Duncan P., Dumont B., Baumont R. 2007. Effet de l'accessibilité de la ressource pâturée sur les choix alimentaires des chevaux. In : Journées d'Animation Scientifique INRA du Département Phase, 22-24 octobre, Tours, France (poster).*

I.2 – Synthèses scientifiques dans congrès ou symposiums internationaux

1) **Fleurance G.**, Dumont B. 2020. How do grazing horses shape biodiversity ? Stressing the lack of evidence in mesophile grasslands. In : New perspectives and approaches in equidae productions, Proceedings of the 71th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Virtual Meeting, 1st-4th December, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p. 413 (**communication orale**).

2) **Fleurance G.**, Edouard N., Collas C., Duncan P., Farruggia A., Baumont R., Lecomte T., **Dumont B.** 2012. How do horses graze pastures and affect the diversity of grassland ecosystems? In: Forages and grazing in horse nutrition (Saastamoinen M., Fradinho M.J., Santos A.S., Miraglia N. Eds.) EAAP Publications 132: 147-161 (**communication orale invitée**).

II – DOCUMENTS A VOCATION DE TRANSFERT

II.1 – Travaux personnels

II.1.1. Dans périodique à comité de lecture

1) Rapey H., Dumont B., Andueza D., Bigot G., Blanc F., Chassaing C., Cournut S., **Fleurance G.**, Joly F., Maxin G., Mosnier C., Mugnier S., Saïd S., Veysset P., Vollet D. 2022. PSDR4 New-DEAL – La diversité des élevages d'herbivores : des clefs d'adaptation pour l'avenir. Innovations Agronomiques 86, 205-217.

2) Dumont B., Cournut S., Mosnier C., Mugnier S., **Fleurance G.**, Bigot G., Forteau L., Veysset P., Rapey H. 2020. Comprendre les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. INRA Productions Animales 33 (3), 173-188. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.3.4557>

3) Bigot G., Vial C., **Fleurance G.**, Heydemann P., Palazon R. 2018. Productions et activités équinnes en France : quelles contributions à la durabilité de l'agriculture ? INRA Productions Animales 31, 37-50.

4) Lanore L., Genoud D., Blanchetête A., Novak S., **Fleurance G.**, Loubeyre J-F., Farruggia A. 2018. Les abeilles dans les prairies d'exploitations d'élevage aux environnements agricoles contrastés. Fourrages 236, 263-268.

5) Lanore L., Farruggia A., **Fleurance G.**, Novak S., Genoud D., Loubeyre JF., 2018. Les prairies permanentes, des refuges pour les abeilles sauvages. In Revue d'Auvergne, « L'agriculture entre plaine et montagne; d'hier à aujourd'hui » (Eds Carrère P., Doreau M., Lesage V., Piquet A.). Clermont-Ferrand : Alliance Universitaire d'Auvergne, N°627-628 : 427-430.

6) Sallé G., Cortet J., **Fleurance G.** 2015. Les perspectives de thérapeutiques adjuvantes ou alternatives pour la gestion des nématodes parasites. Le Nouveau Praticien Vétérinaire 11, 34-37.

- 7) Bloor J., Jay-Robert P., le Morvan A., **Fleurance G.** 2012. Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies. *INRA Productions Animales* 25, 45-56.
- 8) **Fleurance G.**, Duncan P., Farruggia A., Dumont B., Lecomte T. 2011. Impact du pâturage équin sur la diversité floristique et faunistique des milieux pâturés, *Fourrages* 207, 189-199.
- 9) Edouard N., **Fleurance G.**, Duncan P., Baumont R., Dumont B. 2009. *Déterminants de l'utilisation de la ressource pâturée par le cheval.* *INRA Productions Animales* 22, 363-374.

II.1.2. Dans périodique sans comité de lecture

- 1) Madrange P., De La Torre A., Dimon P., **Fleurance G.**, Legrand I., Monteils V., Gautier D., Note P., Veysset P., Cantalapiedra-Hijar G., Griffon L., Normand J., Baumont R., Brouard S. 2021. Présentation de l'UMT SeSAM - L'UMT SeSAM étudie les services rendus par les Systèmes allaitants multiperformants. Viandes et Produits Carnés, 2 février 2021. https://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_37/Vol_3713_Presentation-UMT-SeSAM.pdf (consultée le 05/02/21)
- 2) Brun F., Lansade L., **Fleurance G.** 2017. *Le pâturage mixte bovins-équins : de nouvelles données comportementales à la disposition des éleveurs et détenteurs.* *Equ'idée* https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=57373 (consultée le 14/01/21)
- 3) **Fleurance G.**, Farruggia A., Dumont B. 2016. Utilisation des surfaces herbagères dans l'alimentation des équins : pratiques en élevages et voies d'amélioration. *Equ'idée* https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=51889 (consultée le 14/01/21).
- 4) Collas C., **Fleurance G.**, Cabaret J., Martin-Rosset W., Wimel L., Cortet J., Dumont B. 2014. *Est-il utile de compléter en énergie une jument de selle en lactation au pâturage ?* *Equ'idée* https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=48791 (consultée le 14/01/21)
- 5) **Fleurance G.** 2011. Valoriser l'herbe pâturée dans l'alimentation des chevaux. *Equ'idée* n° spécial « 20 ans de recherche équine française : avancées et perspectives » 76, p.39.
- 6) **Fleurance G.** 2010. Comment le niveau de chargement influence-t-il la composition botanique de prairies fertiles en pâturage équin ? *Equ'idée* n° spécial « développement durable » 69, 58-59.
- 7) **Fleurance G.** 2009. Présentation de l'ouvrage « L'élevage en mouvement ». *Equ'idée* 68, p.65.
- 8) **Fleurance G.**, Edouard N. 2009. *Une méthode originale pour étudier la relation entre quantité d'herbe offerte et flux d'ingestion chez les chevaux.* *Equ'idée* 66, p.43.
- 9) Edouard N., **Fleurance G.** 2009. *Influence de la hauteur et de la qualité de l'herbe sur la sélection des sites d'alimentation par les chevaux.* *Equ'idée* 66, 42-43.
- 10) **Fleurance G.** 2009. Conséquences de l'application de chargements contrastés en pâturage équin sur l'utilisation de la ressource alimentaire par les chevaux et sur leurs performances zootechniques. *Equ'idée* 67, 42-43.
- 11) Edouard N., **Fleurance G.** 2008. *Ingestion du cheval à l'auge : quelle influence de la qualité du fourrage ?* *Equ'idée* 63, p.59.
- 12) **Fleurance G.** 2008. Le pâturage équin : quel impact sur la diversité biologique des prairies? *Equ'idée* 64, 36-38.

- 13) **Fleurance G.** 2008. Présentation de l'ouvrage « Managing grass for horses : the responsible owner's guide ». Equ'idée 65, p.74.
- 14) **Fleurance G.** 2007. Congrès de l'EAAP 2007 : Compte-rendu des recherches en nutrition équine. Equ'idée 61, p.48.
- 15) **Fleurance G.** 2007. Utilisation hétérogène des prairies par les chevaux : une stratégie anti-parasitaire ? Equ'idée 59, p.51.
- 16) **Fleurance G.** 2006. Utilisation des ressources pâturées par les chevaux et mécanismes sous-jacents : renforcer nos connaissances pour une gestion durable des espaces herbagers. Equ'idée 57, 68-69.
- 17) **Fleurance G.** 2005. Congrès de l'EAAP 2005 : Performance et santé chez le jeune cheval. Equ'idée 54, 48-49.
- 18) **Fleurance G.** 2004. Congrès de la FEZ 2004 : quoi de neuf sur les mycotoxines ? Equ'idée 51, 10-12.
- 19) **Fleurance G.** 2004. Utilisation hétérogène des prairies par les chevaux : rôle des stratégies nutritionnelle et anti-parasitaire. Equ'idée 50, p.10.
- 20) Leray O., Bategay S., **Fleurance G.**, Trillaud-Geyl C. 2004. Les prairies destinées au pâturage des chevaux : quelques principes et repères pour mieux les exploiter. Equ'idée 50, 6-9.
- 21) **Fleurance G.** 2004. Congrès de la FEZ 2003 : impact du traitement des aliments dans la nutrition équine. Equ'idée 49, 8-10.
- 22) **Fleurance G.** 2000. Utilisation hétérogène des prairies par les chevaux. Equ'idée 38, p. 14.

II.1.3. Chapitres d'ouvrages

- 1) **Fleurance G.**, Martin-Rosset W., Dumont B., Duncan P., Farrugia A., Lecomte T. 2015. Chapter 14. Environmental impact of horses. In : Equine Nutrition – INRA Nutrient requirements, recommended allowances and feed tables (Eds. W. Martin-Rosset), Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 481-503.
- 2) Martin-Rosset W., **Fleurance G.**, Baumont R., Cabaret J., Carrère P., Edouard N., Dumont B., Duncan P., Lecomte D., Morhain B., Trillaud-Geyl C. 2015. Chapter 10. Pasture. In : Equine Nutrition – INRA Nutrient requirements, recommended allowances and feed tables (Martin-Rosset W. Eds.), Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 347-383.
- 3) **Fleurance G.**, Edouard N., Duncan P., Baumont R., Dumont B. 2012. Utilisation des ressources pâturées par le cheval. In : Nutrition et alimentation des chevaux – Nouvelles recommandations alimentaires de l'INRA (Martin-Rosset W. coord.), Editions Quae, Versailles, 376-383.
- 4) **Fleurance G.**, Dumont B., Duncan P., Farruggia A., Lecomte T. 2012. L'impact du pâturage équin sur la diversité floristique et faunistique des milieux pâturés. In : Nutrition et alimentation des chevaux – Nouvelles recommandations alimentaires de l'INRA (Martin-Rosset W. coord.), Editions Quae, Versailles, 511-522.
- 5) Martin-Rosset W., **Fleurance G.** 2012. Les rejets. In : Nutrition et alimentation des chevaux – Nouvelles recommandations alimentaires de l'INRA (Martin-Rosset W. coord.), Editions Quae, Versailles, 523-539.

6) Trillaud-Geyl C., Leconte D., Cabaret J., **Fleurance G.**, Martin-Rosset W. 2012. Conduite au pâturage. In : Alimentation des chevaux – Tables des apports alimentaires Inra 2011 (Martin-Rosset W coord.), Editions Quae, IFCE, Versailles, 185-206.

II.1.4. Dans proceedings de congrès et colloques

1) Collas C., Briot L., **Fleurance G.**, Dozias D., Launay F., Feidt C., Jurjanz S. 2022. Ingestion de sol par des poulains et des génisses en pâturage mixte ou monospécifique. In : Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (**poster**, accepté).

2) **Fleurance G.**, Forteau L., Sallé G., Lansade L., Wimel L., Dubois C., Lanore L., Faure S., Cortet J., Bigot G., Dumont B. 2021. Réduire le parasitisme des équins grâce au pâturage mixte avec des bovins : retours terrain et essai expérimental. In : Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires, communication reportée en octobre 2021 cause Covid-19, Tours, France (**communication orale**).

3) Malsa J., **Fleurance G.**, Dumont B., Gombault P., Wimel L., Dubois C., Serreau D., Sallé G. 2021. Le sainfoin pour la gestion des petits strongles équins. In : Compte-rendu des Journées Sciences et Innovations Equines, France, 20-21 mai (**communication orale**). https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=68832 (consultée le 20/05/21)

4) **Fleurance G.**, Sallé G., Lansade L., Wimel L., Dubois C., Lanore L., Faure S., Dumont B. 2020. La conduite, facteur limitant des attendus du pâturage mixte. In : Compte-rendu des Journées Sciences et Innovations Equines, Paris, France (**poster**). https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=67279 (consultée le 14/01/21)

5) Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., **Fleurance G.** 2019. Réduire le parasitisme des équins grâce au pâturage mixte avec des bovins. In : Compte-rendu des Journées Sciences et Innovations Equines, France, 23-24 mai, pp. 1-8 (**communication orale**). https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=62538 (consultée le 14/01/21)

6) Dumont B., Bigot G., Cournut S., Mugnier S., Rapey H., Forteau L., Mosnier C., **Fleurance G.** 2019. Mixité d'espèces dans les systèmes d'élevage d'herbivores en Auvergne : pratiques, organisation du travail et multi-performance. In : Durabilité des systèmes d'élevage – nouvelles pratiques et diversité des formes de coordination entre acteurs. SPACE Conférence Les rendez-vous de l'Inra, Le Rheu, France, 11 septembre, pp. 8-9 (**communication orale invitée**).

7) Collas C., Dumont B., Delagarde R., Martin-Rosset W., Wimel L., **Fleurance G.** 2015. Alimentation de la jument allaitante : pâturer sans concentrés, c'est possible ! In : Compte-rendu des 43^{èmes} journées annuelles de l'Association Vétérinaire Equine Française, Paris, France, 3-5 novembre, pp. 154 (**communication orale**).

8) Collas C., Dumont B., Delagarde R., Martin-Rosset W., Wimel L., **Fleurance G.** 2015. Dans quelles conditions de disponibilité en herbe est-il nécessaire de compléter en énergie la jument en lactation au pâturage ? In : De la fécondation au sevrage : quelle conduite d'élevage ? Actes de colloques de la 41^{ème} Journée de la Recherche Equine, Paris, France, pp. 103-112 (**communication orale**).

9) Collas C., Sallé G., Dumont B., Cabaret J., Cortet J., Martin-Rosset W., Wimel L., **Fleurance G.** 2015. Quelle efficacité d'un apport de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) ou d'un excès d'azote de courte durée dans l'alimentation du cheval pour lutter contre les strongles digestifs ? In : De la fécondation au sevrage : quelle conduite d'élevage ? Actes de colloques de la 41^{ème} Journée de la Recherche Equine, Paris, France, pp. 158-161 (**poster**).

- 10) Collas C., **Fleurance G.**, Martin-Rosset W., Cabaret J., Wimmel L., Dumont B. 2013. *Alimentation à l'herbe de la jument de selle en lactation : quels effets d'une complémentation énergétique sur l'ingestion, les performances zootechniques et l'état parasitaire ?* In : *Compte-rendu de la 39^{ème} Journée de la Recherche Equine, IFCE, Paris, France, 28 février*, pp. 131-134 (**poster**).
- 11) Martin-Rosset W., Vermorel M., **Fleurance G.**, Doligez P. 2013. Evaluation et prévision de différentes sources de pollution issues de l'élevage et de l'utilisation du cheval. In : *Compte-rendu de la 39^{ème} Journée de la Recherche Equine, IFCE, Paris, France, 28 février*, pp. 105-113 (**communication orale**).
- 12) **Fleurance G.**, Collas C., Dumont B. 2012. *Influence de la complémentation azotée au pâturage sur les choix alimentaires et l'ingestion de la jument de selle en lactation.* In : *Compte-rendu de la 38^{ème} Journée de la Recherche Equine, Paris, France, 01 mars*, pp. 185-188 (**poster**).
- 13) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A., Edouard N., Lanore L. 2011. Impact du chargement sur la sélection alimentaire des chevaux, leurs performances et la biodiversité prairiale. In : *Compte-rendu de la 37^{ème} Journée de la Recherche Equine, Institut Français du Cheval et de l'Équitation, Paris, France*, pp. 173-176 (**poster**).
- 14) Edouard N., **Fleurance G.**, Dumont B., Baumont R., Duncan P. 2010. *Influence des caractéristiques du couvert pâturé sur les préférences alimentaires des chevaux et conséquences sur l'ingestion.* In : *Compte-rendu de la 36^{ème} Journée de la Recherche Equine, les Haras Nationaux, Paris, France*, pp. 51-60 (**communication orale**).
- 15) Heugebaert S., Garcia-Launay F., Trillaud-Geyl C., Dubroeuq H., Arnaud G., Valette J-P., **Fleurance G.**, Hoch T., Agabriel J., Martin-Rosset W. 2010. Modélisation de la croissance des poulains : première étape vers de nouvelles recommandations alimentaires. In : *Compte-rendu de la 36^{ème} Journée de la Recherche Equine, les Haras Nationaux, Paris, France*, pp. 61-68 (**communication orale**).
- 16) Edouard N., **Fleurance G.**, Duncan P., Dumont B., Baumont R. 2008. *Effet de la hauteur de l'herbe pâturée sur l'ingestion et les choix alimentaires des chevaux.* In : *Compte-rendu de la 34^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France*, pp. 51-62 (**communication orale**).
- 17) Ginane C., Dumont B., Baumont R., Prache S., **Fleurance G.**, Farruggia A. 2008. Comprendre le comportement alimentaire des herbivores au pâturage : intérêts pour l'élevage et l'environnement. In : *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 15, 315-322 (**communication orale**).
- 18) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A., Mesléard F. 2007. Impact du pâturage équin sur la diversité biologique des prairies. In : *Compte-rendu de la 33^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France*, pp. 245-258 (**communication orale**).
- 19) Edouard N., **Fleurance G.** 2007. *Ingestion et choix alimentaires chez le cheval au pâturage.* In : *Compte-rendu de la 33^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France*, pp. 231-243 (**communication orale**).
- 20) **Fleurance G.**, Donabédian M., Pérona G., Trillaud-Geyl C., Léger S., Robert C., Bergero D., Lepage O., Martin-Rosset W. 2006. Effet de deux modèles nutritionnels sur la croissance et le développement au cours de la première année postnatale du cheval de sport. In : *Compte-rendu de la 32^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France*, pp. 85-93 (**communication orale**).

- 21) Donabédian M., Robert C., **Fleurance G.**, Pérona G., Trillaud-Geyl C., Lepage O., Bergero D., Léger S., Martin-Rosset W. 2006. Effet de deux modèles nutritionnels sur le statut ostéoarticulaire au cours de la première année postnatale du cheval. In : Compte-rendu de la 32^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France, pp. 95-104 (**communication orale**).
- 22) Guillaume D., **Fleurance G.**, Donabédian M., Robert C., Arnaud G., Leveau M., Chesnea D., Ottogalli M., Schneider J., Martin-Rosset W. 2006. Effet de deux modèles nutritionnels depuis la naissance sur l'âge d'apparition de la puberté chez le cheval de sport. In : Compte-rendu de la 32^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France, pp. 105-116 (**communication orale**).
- 23) **Fleurance G.**, Duncan P., Durant D., Loucougaray G. 2005. Impact des équins sur les prairies naturelles humides des Marais de l'Ouest de la France : comparaison avec les bovins et conséquences pour l'accueil des Anatidés herbivores. In : Compte-rendu de la 31^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France, pp. 217-227 (**communication orale**).
- 24) **Fleurance G.**, Leblanc M.-A., Duncan P. 2004. Le comportement des équidés en liberté. In : Compte-rendu de la 30^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France, pp. 101-113 (**communication orale**).
- 25) **Fleurance G.**, Duncan P., Fritz H. 2003. Importance des stratégies nutritionnelle et anti-parasitaire dans les décisions alimentaires des chevaux – Test expérimental. In : Compte-rendu de la 29^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France, pp. 71-82 (**communication orale**).
- 26) **Fleurance G.**, Duncan P., Ménard C. 2000. Utilisation hétérogène d'une prairie par les chevaux : relations avec les caractéristiques de la végétation et l'état d'infestation parasitaire de la pâture. In : Compte-rendu de la 26^{ème} Journée de la Recherche Equine, Les Haras Nationaux, Paris, France, pp. 153-165 (**communication orale**).

II.1.5. Communications sans actes

- 1) Dumont B., Benoit M., **Fleurance G.**, Joly F., Mosnier C., Prache S., Veysset P., Bigot G., Cournut S., Mugnier S., Rapey H., Vazeille K., Martin G. 2022. La mixité d'espèces offre des clés d'adaptation pour accroître les performances économiques et environnementales de l'élevage bovin herbager. Dans : Le poly-élevage, une solution ? Journée MODEF Nouvelle-Aquitaine, Doms, 11 février (**communication orale invitée**).
- 2) **Fleurance G.**, Forteau L., Sallé G., Bigot G., Wimel L., Dumont B. 2021. Pâturage mixte : attention à la conduite ! Cas de l'association équin-bovin. Dans : La diversité en élevage : un atout pour les filières du Massif Central. Conférence INRAE, Sommet de l'Elevage, Cournon, 06 octobre (**communication orale invitée**).
- 3) **Fleurance G.**, Sallé G., Lansade L., Wimel L., Dubois C., Dumont B. 2021. La conduite du pâturage mixte équin-bovin doit être raisonnée pour tirer parti de l'association des deux espèces. Dans: Optimiser le pâturage des ovins, bovins et équins allaitants. Journée de l'UMT SeSAM sur la ferme expérimentale IFCE de Chamberet, France, 01 octobre (**poster**).
- 4) **Fleurance G.**, Forteau L., Sallé G., Bigot G., Dumont B. 2021. Mixité équin-bovin : des atouts pour mieux valoriser l'herbe et limiter le parasitisme équin. Dans: Optimiser le pâturage des ovins, bovins et équins allaitants. Journée de l'UMT SeSAM sur la ferme expérimentale IFCE de Chamberet, France, 01 octobre (**poster**).

- 5) Briot L., **Fleurance G.** 2021. Pâturage mixte équin-bovin, qu'en savons-nous ? Etat des lieux des derniers résultats scientifiques sur cette pratique. Webconférence IFCE, 23.03.21. <https://www.ifce.fr/ifce/connaissances/webconferences/elevage-et-entretien/paturage-mixte-equins-bovins/> (consultée le 26/03/21)
- 6) Dumont B., Cournot S., Mosnier C., Mugnier S., **Fleurance G.**, Rapey H. 2020. Les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. In : Transitions pour le développement des territoires, Symposium PSDR4, 28-30 octobre, en ligne (**communication orale**).
- 7) **Fleurance G.**, Forteau L., Sallé G., Bigot G, Dumont B. 2019. Mixité avec les bovins allaitants : un levier pour réduire les intrants dans les élevages de chevaux de selle. In : Elevage allaitant : optimiser les ressources pour construire la multiperformance. Conférence Sommet de l'Elevage, UMT SeSAM, Cournon, France, 4 octobre (**communication orale invitée**).
- 8) **Fleurance G.**, Palazon R. 2019. L'élevage équin, acteur de la diversification agricole. In : Les rencontres de l'INRA, Salon International de l'Agriculture, Paris, France, 27 février (**communication orale invitée**).
- 9) *Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., **Fleurance G.** 2019. Réduire le parasitisme équin grâce au pâturage mixte avec des bovins. Prairiales Normandie du Pin, Le Pin-au-Haras, France, 13 juin (poster).*
- 10) **Fleurance G.** 2018. Pâturage mixte équin-bovin : de quelles connaissances dispose-t-on pour objectiver ses bénéfices supposés ? Sommet de l'Elevage, Stand IFCE, Cournon, France, 3-5 octobre (**communication orale invitée**).
- 11) **Fleurance G.**, Bigot G. 2018. Le cheval de trait : un atout pour la gestion des surfaces herbagères et la facilitation du travail dans les exploitations bovines. In : Colloque Pariez sur le cheval : un atout qui génère des bénéfices économiques, sociaux et environnementaux. Chambre d'Agriculture de la Creuse, La Souterraine, France, 5 avril (**communication orale invitée**).
- 12) *Forteau L., **Fleurance G.**, Bigot G., Dumont B. 2018. Accroître les performances des élevages de chevaux de selle par la mixité avec les bovins allaitants en zones herbagères. 3ème Journée des doctorants de la filière équine, Paris, France, 16 mars (communication orale).*
- 13) Bigot G., Mugnier S., **Fleurance G.** 2018. Le cheval de trait : un atout pour la valorisation des surfaces herbagères dans les exploitations bovines de moyenne montagne. Sommet de l'Elevage, Stand IFCE, Cournon, France, 3-5 octobre (**poster**).
- 14) **Fleurance G.**, Wimel L. 2015. Spécificités du comportement du cheval à l'herbe : état des connaissances. Huitième journée du Réseau Economique de la Filière Equine, Paris, France, 23 avril (**communication orale invitée**).
- 15) *Collas C., **Fleurance G.**, Dumont B., Martin-Rosset W., Delagarde R., Wimel L. 2015. Alimentation de la jument allaitante : pâturer sans concentrés, c'est possible ! Prairiales Normandie du Pin, Le Pin-au-Haras, France, 18 juin (poster).*
- 16) *Collas C., Sallé G., Dumont B., Cabaret J., Cortet J., Martin-Rosset W., Wimel L., **Fleurance G.** 2015. Le sainfoin comme vermifuge ? Prairiales Normandie du Pin, Le Pin-au-Haras, France, 18 juin (poster).*
- 17) Sallé G., Cabaret J., Ferry B., **Fleurance G.** 2015. Gestion du parasitisme équin : perspectives. Prairiales Normandie, Le Pin-au-Haras, France, 18 juin (**communication orale**).
- 18) *Collas C., **Fleurance G.**, Cabaret J., Martin-Rosset W., Wimel L., Cortet J., Dumont B. 2014. Est-il utile de compléter une jument en lactation au pâturage. Journée d'Information*

Actualités en Elevage Equin, Haras National du Pin, France, 23 janvier (communication orale invitée).

19) **Fleurance G.** 2014. Spécificités du comportement alimentaire du cheval et impact sur la biodiversité prairiale. In : Santé et performance équine : quel rôle de la biodiversité ?, Journée d'informations de l'Institut Régional du Développement Durable de Basse-Normandie & du Conseil des Chevaux de Basse-Normandie, le Pin au Haras, France, 24 octobre (**communication orale invitée**).

20) **Fleurance G.**, Edouard N., Collas C., Duncan P., Farruggia A., Baumont R., Lecomte T., Dumont B. 2013. Spécificités du comportement alimentaire du cheval à l'herbe et impact sur la biodiversité des milieux pâturés. In : L'intérêt social, économique et écologique du cheval pour la valorisation des territoires, Conférence Sommet de l'Elevage, Cournon, France, 4 octobre (**communication orale invitée**).

21) **Fleurance G.**, Pottier E. 2011. Sécheresse : gestion des surfaces fourragères destinées aux équins. Prairiales du Pin, le Pin au Haras, France, 16 juin (**poster**).

22) **Fleurance G.** 2011. Pâturage équin : spécificités et atouts pour la préservation de la biodiversité des milieux pâturés. In : Elevage du cheval et Biodiversité dans nos milieux, colloque Concours d'Elevage Régional Orientation Endurance, Ispagnac, France, 9 septembre (**communication orale invitée**).

23) **Fleurance G.** 2010. Les recherches sur le pâturage équin réalisées par l'IFCE et l'INRA. Salon de l'herbe, Villefranche d'Allier, France, 02-03 juin (**poster**).

24) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A. 2010. Influence de différents niveaux de chargement en pâturage équin sur la sélection des sites d'alimentation par les chevaux, leurs performances zootechniques et la diversité floristique et de l'entomofaune des prairies. Salon de l'Herbe, Villefranche d'Allier, France, 02-03 juin (**poster**).

25) **Dumont B.**, Farruggia A., **Fleurance G.**, Ginane C. 2010. Vaches, brebis et chevaux, acteurs de la préservation de la biodiversité prairiale. Salon « Biodiversités », Paris, 20-31 octobre (**communication orale**).

26) *Edouard N., Fleurance G., Dumont B., Baumont R., Duncan P. 2009. Quelles caractéristiques du couvert déterminent les préférences alimentaires de chevaux au pâturage ? Conséquences sur l'ingestion. Congrès de l'Association Equine Vétérinaire Française, Deauville, France, 22-24 octobre (poster).*

27) **Fleurance G.**, Wimel L., Edouard N., Duncan P., Baumont R., Dumont B. 2012. Utilisation des ressources pâturées par le cheval. Deuxième journée du Réseau Equin Limousin, Réseau Références, Chamberet, France (**communication orale invitée**).

28) **Fleurance G.** 2008. Impact du pâturage équin sur la diversité biologique des prairies. Sommet de l'Elevage, Clermont-Ferrand, France, 03 octobre (**communication orale invitée**).

29) **Fleurance G.** 2008. Le cheval herbivore, utilisateur d'espaces herbagers. Salon de l'herbe, Soudaine-Lavinadière, France, 24 juin (**poster**).

30) **Fleurance G.**, Dumont B., Farruggia A., Mesléard F. 2007. Pâturage équin et diversité biologique des prairies. Les Prairiales du Pin, Domaine expérimental de l'INRA du Pin, France, 14 juin (**poster**).

31) *Edouard N., Fleurance G. 2007. Ingestion et choix alimentaires du cheval au pâturage. Les Prairiales du Pin, Domaine expérimental de l'INRA du Pin, France, 14 juin (poster).*

32) **Fleurance G.** 2007. Le cheval herbivore, utilisateur d'espaces herbagers. Les collaborations INRA et Haras Nationaux en Sciences Equines. Salon de l'agriculture, Paris (**communication orale**).

33) **Fleurance G.**, Duncan, P. 2004. Utilisation hétérogène des prairies par les chevaux. Les Prairiales du Pin, Domaine expérimental de l'INRA du Pin, France (**poster**).

34) **Trillaud-Geyl C., Fleurance G., Mésochina P.** 2004. Quantités d'herbe ingérées par le cheval de selle en croissance : effet de l'âge des poulains et de la biomasse végétale. Les Prairiales du Pin, Domaine expérimental de l'INRA du Pin, France (**poster**).

II.1.6. Rapports, fiches, dvd

1) **Fleurance G.**, Dumont B. 2022 (mise à jour). Impact du pâturage équin sur la biodiversité des milieux pâturés. <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/alimentation/conduite-de-paturage/impact-du-paturage-equin-sur-la-biodiversite-des-milieux-patures> (consultée le 03/05/22)

2) **Fleurance G.**, Dumont B., Bigot G. 2020. Une meilleure valorisation de l'herbe pâturée dans les élevages mixtes. In : Focus Diversité de l'Élevage en Auvergne – Recueil de résultats de recherche émergeant du projet PSDR 4 New-DEAL et autres travaux associés <https://www.encyclopediapratensis.eu/product/newdeal/une-meilleure-valorisation-de-lherbe-paturee-dans-les-elevages-mixtes/> (consultée le 14/01/21).

3) **Fleurance G.**, Sallé G., Dumont B. 2020. Les jeunes chevaux moins infestés quand ils pâturent avec des bovins. In : Focus Diversité de l'Élevage en Auvergne – Recueil de résultats de recherche émergeant du projet PSDR 4 New-DEAL et autres travaux associés <https://www.encyclopediapratensis.eu/product/newdeal/les-jeunes-chevaux-moins-infestes-quand-ils-paturent-avec-des-bovins/> (consultée le 14/01/21).

4) **Fleurance G.**, Dumont B. 2020. La conduite du pâturage doit être raisonnée pour tirer parti de la mixité. In : Focus Diversité de l'Élevage en Auvergne – Recueil de résultats de recherche émergeant du projet PSDR 4 New-DEAL et autres travaux associés <https://www.encyclopediapratensis.eu/product/newdeal/la-conduite-du-paturage-doit-etre-raisonnee-pour-tirer-parti-de-la-mixite/> (consultée le 14/01/21).

5) **Fleurance G.** 2020 (mise à jour). Pâturage mixte équins-bovins, qu'en savons-nous ? Equipédia <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/alimentation/conduite-de-paturage/paturage-mixte-equins-bovins.html> (consultée le 14/01/21) & reprise par Alliance-Elevage <https://www.alliance-elevage.com/informations/article/paturage-mixte-equins-bovins-que-savons-nous> (consultée le 14/01/21).

6) Vidament M., **Fleurance G.** 2019. Les deux systèmes d'organisation sociale des équidés. Equipédia <https://equipedia.ifce.fr/sante-et-bien-etre-animal/bien-etre-et-comportement-animal/comportement-du-cheval/systemes-dorganisation-sociale-des-equides> (consultée le 14/01/21).

7) **Fleurance G.**, Doligez P. 2018. Nourrir ses chevaux à l'herbe. In : Guide pâturage : 100 fiches pour répondre à vos questions. RMT Prairies <https://www.encyclopediapratensis.eu/product/guide-paturage/nourrir-ses-chevaux-a-lherbe/> (consultée le 14/01/21).

8) **Fleurance G.**, Prache S. 2018. Le pâturage mixte : de nombreux atouts. In : Guide pâturage : 100 fiches pour répondre à vos questions. RMT Prairies

<https://www.encyclopediapratensis.eu/product/guide-paturage/le-paturage-mixte-de-nombreux-atouts/> (consultée le 14/01/21).

9) Forteau L., Mouilleau M., Dumont B. Bigot G. **Fleurance G.** 2018. Comparaison de l'utilisation des ressources herbagères entre exploitations mixtes chevaux de selle – bovins allaitants et exploitations équinées spécialisées – premiers résultats. Compte-rendu d'enquêtes réalisées en 2016 à destination des éleveurs enquêtés, 4p.

10) Doligez P., **Fleurance G.** 2018 (mise à jour). Sécheresse : comment gérer les surfaces fourragères ? Equipédia <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/alimentation/conduite-de-paturage/secheresse-comment-gerer-les-surfaces-fourrageres-et-alimenter-les-chevaux-autrement> (consultée le 14/01/21).

11) **Fleurance G.**, Marnay L., Doligez P. 2018 (mise à jour). Le comportement alimentaire des chevaux au pâturage. Equipédia <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/alimentation/conduite-de-paturage/le-comportement-alimentaire-des-chevaux-au-paturage> (consultée le 14/01/21).

12) **Fleurance G.**, Farruggia A., Lanore L., Dumont B. 2016. Réduire le chargement pour accroître la biodiversité prairiale : quelle efficacité dans le cas du pâturage équin ? Faits marquants 2016 du Département PHASE de l'INRA.

13) Sallé G., Cortet J., **Fleurance G.** 2016. Des alternatives aux vermifuges ? Equipédia <https://equipedia.ifce.fr/sante-et-bien-etre-animal/soin-prevention-et-medication/prevention/quelles-perspectives-d-alternatives-aux-anthelminthiques-pour-le-controle-des-strongyloses-equines> (consultée le 14/01/21).

14) **Fleurance G.** 2011. Le comportement alimentaire du cheval au pâturage. DVD « L'éthologie chez le cheval », IFCE.

15) **Fleurance G.**, Dumont B. 2009. Quelles caractéristiques du couvert déterminent les préférences alimentaires des chevaux au pâturage ? Résultats marquants 2008 du département Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage de l'INRA.

II.1.7. Interviews

1) Henri C. 2020. Associer chevaux et bovins pour optimiser les prairies. <https://www.pleinchamp.com/elevage/actualites/associer-chevaux-et-bovins-pour-optimiser-les-prairies>

2) Bazay C. 2017. Scientists test new equine small strongyle control method. <https://thehorse.com/136524/scientists-test-new-equine-small-strongyle-control-method/> (consultée le 14/01/21).

3) Lesté-Lasserre C. 2015. When do broodmares at pasture need supplemental feed ? <https://thehorse.com/112192/when-do-broodmares-at-pasture-need-supplemental-feed/> (consultée le 14/01/21).

4) Gillet E. 2015. Des chevaux au service de la recherche. Cheval Magazine n°527, octobre, pp.10-12.

5) Balandonne J-C. 2014. Des poulinières au pré sans concentré. La France Agricole, N°3538, 9 mai 2014, pp.33

6) **Fleurance, G.** 2007. Chevaux au pâturage : comment couvrir leurs besoins nutritionnels tout en préservant la biodiversité ? Presse Info INRA, n°294.

- 7) Gillet E. 2005. Des herbivores pas comme les autres. Cheval Magazine, 402, 60-62.
- 8) Chéhu, F. 2004. Des chevaux « écolos » ? Cheval Magazine, 390, 98-100.

II.2 – Rapports collectifs

- 1) Dumont B., Joly F., **Fleurance G.** 2021. Livestock co-grazing : a catalyst for the agroecological transition of grassland systems. In : les Dossiers d'Agropolis International – Agroecological transformation for sustainable food systems – Insight on France-CGIAR research 26, p.49.
- 2) Vial C., **Fleurance G.**, Bigot G., Heydemann P., Pickel-Chevalier S., Clément F., Cressent M., Troy C., Palazon R., Cadoré J-L. 2018. Diversités des agricultures dans la (les) filière(s) équine(s). Innovations Agronomiques 68, 193-215.
- 3) Cadoré J-L., **Fleurance G.**, Martin-Rosset W., Vial C., Morhain B., Clément F., Cressent M., Sallé G., Cabaret J., Dumont Saint Priest B., Glowacki R. 2013. Chapitre 8A Filière Equine. In : Vers des agricultures à hautes performances – Volume 4 : Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive, (Coudurier B., Georget M., Guyomard H., Huyghe C. coord.) pp. 455-477.

AUTRES PUBLICATIONS CITEES DANS CE MEMOIRE

- Agabriel, J., Trillaud-Geyl, C., Martin-Rosset, W., & Jussiaux, M. (1982). Utilisation de l'ensilage de maïs par le poulain de boucherie. *Bulletin Technique C. R. Z. V*, 49, 5-13.
- Aldezabal, A., Mandaluniz, N., & Laskurain, N. A. (2013). Gorse (*Ulex* spp.) use by ponies in winter: Is the spatial pattern of browsing independent of the neighbouring vegetation? *Grass and Forage Science*, 68(1), 49-58. doi:10.1111/j.1365-2494.2012.00865.x
- Altieri, M. A. (2002). Agroecological principles and strategies for sustainable agriculture. In N. T. Uphoff (Ed.), *Agroecological innovations: increasing food production with participatory development* (pp. 40-46). London, UK: Earthscan Publication Ltd.
- Amiaud, B. (1998). *Dynamique végétale d'un écosystème prairial soumis à différentes modalités de pâturage, exemple des communaux du marais Poitevin*. Université de Rennes I.
- Arfuso, F., Bazzano, M., Brianti, E., Gaglio, G., Passantino, A., Tesei, B., & Laus, F. (2020). Nutritional Supplements Containing *Cardus marianus*, *Eucalyptus globulus*, *Gentiana lutea*, *Urtica urens*, and *Mallotus philippinensis* Extracts Are Effective in Reducing Egg Shedding in Dairy Jennies (*Equus asinus*) Naturally Infected by Cyathostomins. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. doi:10.3389/fvets.2020.556270
- Arlt, D., Forslund, P., Jeppsson, T., & Part, T. (2008). Habitat-Specific Population Growth of a Farmland Bird. *Plos One*, 3(8). e3006. doi:10.1371/journal.pone.0003006
- Bailey, A., Williams, N., Palmer, M., & Geering, R. (2000). The farmer as service provider: the demand for agricultural commodities and equine services. *Agricultural Systems*, 66(3), 191-204. doi:https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00047-0
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., & Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science*, 64(1), 15-28.
- Belovsky, G. E., & Schmitz, O. J. (1991). Mammalian herbivore optimal foraging and the role of plant defenses. In R. T. Palo & C. T. Robbins (Eds.), *Plant defenses against mammalian herbivory*: CRC Press.
- Benvenuti, M., Gordon, I. J., & Poppi, D. P. (2006). The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. *Grass and Forage Science*, 61, 272-281.
- Bigot, G., Célié, A., Deminguet, S., Perret, E., Pavie, J., & Turpin, N. (2011). Exploitation des prairies dans des élevages de chevaux de sport en Basse-Normandie. *Fourrages*, 207, 231-240.
- Bigot, G., Mugnier, S., Brétière, G., Gaillard, C., & Ingrand, S. (2015). Role of horses on farm sustainability in different French grassland regions *The New Equine Economy in the 21st Century* (Vol. EAAP 136, pp. 177-185). The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Bigot, G., Veslot, J., & Vollet, D. (2020). Les exploitants agricoles avec équins - Des références pour les structures de la filière équine? *Economie Rurale*, 374, 107-124.
- Bischoff, O., Balard, J., Pin, A., Chauvat, S., Dumonthier, P., Servièrre, G., & Dedieu, B. (2008). *L'organisation du travail en élevage : Enseigner la méthode bilan travail* (Absent Ed.). Dijon (France): Educagri Editions.
- Blanc, F., Theriez, M., & Brelurut, A. (1999). Effects of mixed-species stocking and space allowance on the behaviour and growth of red deer hinds and ewes at pasture. *Applied*

- Animal Behaviour Science*, 63(1), 41-53. doi:[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00242-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00242-1)
- Bland, W. L., & Bell, M. M. (2007). A holon approach to agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 5(4), 280-294. doi :<https://doi.org/10.1080/14735903.2007.9684828>
- Bloor, J. M. G., & Pottier, J. (2014). Grazing and spatial heterogeneity: implications for grassland structure and function. In P. Mariotte & P. Kardol (Eds.), *Grassland Biodiversity and Conservation in a Changing World* (pp. 135-162): Nova Science Publishers.
- Braga, F. R., Araújo, J. V., Silva, A. R., Araujo, J. M., Carvalho, R. O., Tavela, A. O., Campos, A.K., & Carvalho, G. R. (2009). Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in tropical southeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 163(4), 335-340. doi:<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.05.003>
- Brunet, S., & Hoste, H. (2006). Monomers of condensed tannins affect the larval exsheathment of parasitic nematodes of ruminants. *J Agric Food Chem*, 54(20), 7481-7487. doi:10.1021/jf0610007
- Buono, F., Pacifico, L., Piantedosi, D., Sgroi, G., Neola, B., Roncoroni, C., Genovese, A., Rufrano, D., & Veneziano, V. (2019). Preliminary Observations of the Effect of Garlic on Egg Shedding in Horses Naturally Infected by Intestinal Strongyles. *Journal of Equine Veterinary Science*, 72, 79-83. doi:10.1016/j.jevs.2018.10.025
- Buza, V., Catana, L., Andrei, S. M., Stefanut, L. C., Raileanu, S., Matei, M. C., Vlasiuc, I., & Cernea, M. (2020). In vitro anthelmintic activity assessment of six medicinal plant aqueous extracts against donkey strongyles. *Journal of Helminthology*, 94. doi:10.1017/s0022149x20000310
- Canever, R. J., Braga, P. R. C., Boeckh, A., Grycajuck, M., Bier, D., & Molento, M. B. (2013). Lack of Cyathostomin sp. reduction after anthelmintic treatment in horses in Brazil. *Veterinary Parasitology*, 194(1), 35-39. doi:<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.12.020>
- Carrère, P. (2007). *Fonctionnement de l'écosystème prairial pâturé*. Compte-rendu de la 33ème Journée d'Etude de la Recherche Equine, 8 mars, Paris, France, 215-230.
- Carson, K., & Wood-Gush, D. G. M. (1983). Equine behaviour: II. A review of the literature on feeding, eliminative and resting behaviour. *Applied Animal Ethology*, 10, 179-190.
- Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I., & Verburg, P. H. (2014). Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landscape Ecology*, 29(8), 1393-1405. doi:10.1007/s10980-013-9945-2
- Celaya, R., Ferreira, L. M. M., Moreno-Gonzalo, J., Frutos, P., Hervás, G., Ferre, I., Garcia, U., Ortego-Lora, L.M., & Osoro, K. (2010). Effects of heather and oat supplementation on gastrointestinal nematode infections and performance of grazing Cashmere goats. *Small Ruminant Research*, 91(2), 186-192. doi:<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.03.013>
- Celaya, R., Ferreira, L. M., Garcia, U., Rosa Garcia, R., & Osoro, K. (2011). Diet selection and performance of cattle and horses grazing in heathlands. *Animal*, 5(9), 1467-1473. doi:10.1017/S1751731111000449
- Clark, A., Sallé, G., Ballan, V., Reigner, F., Meynadier, A., Cortet, J., Koch, C., Riou, M., Blanchard, A., & Mach, N. (2018). Strongyle Infection and Gut Microbiota: Profiling of Resistant and Susceptible Horses Over a Grazing Season. *Frontiers in Physiology*, 9. doi:10.3389/fphys.2018.00272

- Coop, R. L., & Kyriazakis, I. (1999). Nutrition-parasite interaction. *Vet Parasitol*, *84*(3-4), 187-204. doi:10.1016/s0304-4017(99)00070-9
- Cooper, J., Gordon, I. J., & Pike, A. W. (2000). Strategies for the avoidance of faeces by grazing sheep. *Appl Anim Behav Sci*, *69*(1), 15-33. doi:10.1016/s0168-1591(00)00116-7
- Corbett, C. J., Love, S., Moore, A., Burden, F. A., Matthews, J. B., & Denwood, M. J. (2014). The effectiveness of faecal removal methods of pasture management to control the cyathostomin burden of donkeys. *Parasites & Vectors*, *7*. doi:10.1186/1756-3305-7-48
- Cornelissen, P., & Vulink, J. T. (2015). Density-dependent diet selection and body condition of cattle and horses in heterogeneous landscapes. *Applied Animal Behaviour Science*, *163*, 28-38. doi:https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.12.008
- Cournut, S., Chauvat, S., Correa, P., Dos Santos, J. C., Dieguez, F., Hostiou, N., Pham, D.K., Servière, G., Srairi, M.T., Turlot, A., & Dedieu, B. (2018). Analyzing work organization on livestock farm by the Work Assessment Method. *Agronomy for Sustainable Development*, *38*(6). doi:10.1007/s13593-018-0534-2
- Couzy, C., & Capitain, M. (2009). *Le marché du cheval: atomisé, opaque, peu rationnel... mais bien réel. Premières analyses dans une perspective de sociologie économique* Compte-rendu de la 35ème Journée de la Recherche Equine, IFCE, Paris, 26 février, France, 17-25.
- Cymbaluk, N. F. (1990). Comparison of forage digestion by cattle and horses. *Canadian Journal of Animal Science*, *70*, 601-610.
- d'Alexis, S., Sauvant, D., & Boval, M. (2014). Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: a quantitative review. *Journal of Agricultural Science*, *152*(4), 655-666. doi:https://doi.org/10.1017/S0021859613000622
- D'Hour, P., Petit, M., & Garel, J. P. (1995). Components of grazing behaviour of 3 breeds of heifers. *Annales de Zootechnie*, *44*, 270.
- Delagarde, R., & O'Donovan, M. (2005). Les modèles de prévision de l'ingestion journalière d'herbe et de la production laitière des vaches au pâturage. *INRAE Productions Animales*, *18*(4), 241-253. doi:10.20870/productions-animales.2005.18.4.3530
- Delagarde, R., Peyraud, J. L., & Delaby, L. (1999). Influence of carbohydrate or protein supplementation on intake, behaviour and digestion in dairy cows strip-grazing low-nitrogen fertilized perennial ryegrass. *Annales de Zootechnie*, *48*(2), 81-96.
- Delagarde, R., Faverdin, P., Baratte, C., & Peyraud, J. L. (2011). GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 2. Prediction of intake under rotational and continuously stocked grazing management. *Grass and Forage Science*, *66*(1), 45-60. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00770.x
- Diakité, Z. R., Corson, M. S., Brunschwig, G., Baumont, R., & Mosnier, C. (2019). Profit stability of mixed dairy and beef production systems of the mountain area of southern Auvergne (France) in the face of price variations: Bioeconomic simulation. *Agricultural Systems*, *171*, 126-134. doi:https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.01.012
- Doreau, M., Boulot, S., & Chilliard, Y. (1993). Yield and composition of milk from lactating mares: effect of body condition at foaling. *Journal of Dairy Research*, *60*(4), 457-466. doi:10.1017/S0022029900027825
- Dulphy, J. P., Martin-Rosset, W., Dubroeuq, H., Ballet, J. M., Detour, A., & Jailler, M. (1997). Compared feeding patterns in ad libitum intake of dry forages by horses and sheep. *Livestock Production Science*, *52*, 49-56.
- Dumont, B., Farruggia, A., Garel, J. P., Bachelard, P., Boitier, E., & Frain, M. (2009). How does grazing intensity influence the diversity of plants and insects in a species-rich upland grassland on basalt soils? *Grass and Forage Science*, *64*, 92-105.
- Dumont, B., Carrere, P., Ginane, C., Farruggia, A., Lanore, L., Tardif, A., Decuq, F., Darsonville, O., & Louault, F. (2011). Plant-herbivore interactions affect the initial

- direction of community changes in an ecosystem manipulation experiment. *Basic and Applied Ecology*, 12(3), 187-194. doi:<https://doi.org/10.1016/j.baae.2011.02.011>
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., & Tichit, M. (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7(6), 1028-1043. doi:<https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- Dumont, B., Cournut, S., Mosnier, C., Mugnier, S., Fleurance, G., Bigot, G., Forteau, L., Veysset, P., & Rapey, H. (2020). Comprendre les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. *INRAE Productions Animales*, 33(3), 173-188. doi:<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.3.4557>
- Dumont, B., Rossignol, N., Huguenin-Elie, O., Jeanneret, P., Jerrentrup, J. S., Lüscher, G., Taugourdeau, S., Villerd, J., & Plantureux, S. (2022a). Simple Assessment of Temperate Grassland Suitability as Habitat for Three Insect Taxa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. doi:10.3389/fsufs.2022.881410
- Dumont, B., Franca, A., Lopez-i-Gelats, F., Mosnier, C., & Pauler, C. M. (2022b). *Diversification increases the resilience of European grassland-based systems but is not a one-size-fits-all strategy*. European Grassland Federation, Caen, June 27-30, France.
- Duncan, P. (1992). *Horses and Grasses: The Nutritional Ecology of Equids and Their Impact on The Camargue*. New-York: Springer-Verlag.
- Duncan, P., Foose, T. J., Gordon, I. J., Gakahu, C. G., & Lloyd, M. (1990). Comparative nutrient extraction from forages by grazing bovids and equids: a test of the nutritional model of equid/bovid competition and coexistence. *Oecologia*, 84(3), 411-418. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00329768>
- Dupuy, J., Larrieu, G., Sutra, J. F., Lespine, A., & Alvinerie, M. (2003). Enhancement of moxidectin bioavailability in lamb by a natural flavonoid: quercetin. *Vet Parasitol*, 112(4), 337-347. doi:10.1016/s0304-4017(03)00008-6
- Durant, D., Loucougaray, G., Fritz, H., & Duncan, P. (2002). *Principles underlying the use of wet grasslands for wintering herbivorous ducks and geese, and their management implications*. In: Multi-function grasslands (Durand, J.L., Emile, J-C., Huyghe, C., Lemaire, G. eds.), Grassland Science in Europe 7, 916-917.
- ECUS (2021). Bilan statistique de la filière équine française - données 2020. Elevage Commerce Utilisations Statistiques socio-économiques. *IFCE*, 104pp.
- Edwards, P. J., & Hollis, S. (1982). The Distribution of Excreta on New Forest Grassland Used by Cattle, Ponies and Deer. *Journal of Applied Ecology*, 19(3), 953-964. doi:<https://doi.org/10.2307/2403296>
- Equi-ressources. (2022). *Métiers et formations dans la filière équine*. Institut Français du Cheval et de l'Équitation, www.equiressources.fr
- Farruggia, A., Dumont, B., D'hour, P., & Egal, D. (2008). How does protein supplementation affect the selectivity and performance of Charolais cows on extensively grazed pastures in late autumn? *Grass and Forage Science*, 63, 314-323.
- Farruggia, A., Dumont, B., Scohier, A., Leroy, T., Pradel, P., & Garel, J.-P. (2012). An alternative stocking management designed to favour butterflies in permanent grasslands. *Grass and Forage Science*, 67, 136-149. doi:10.1111/j.1365-2494.2011.00829.x
- Fausto, G. C., Fausto, M. C., Vieira, I. S., de Freitas, S. G., de Carvalho, L. M., Oliveira, I. D., Silva, E.N., Campos, A.K., & de Araujo, J. V. (2021). Formulation of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in the control of equine gastrointestinal parasitic nematodes. *Veterinary Parasitology*, 295. doi:10.1016/j.vetpar.2021.109458
- Figge, F. (2004). Bio-folio: applying portfolio theory to biodiversity. *Biodiversity & Conservation*, 13(4), 827-849. doi:10.1023/B:BIOC.0000011729.93889.34

- Flota-Burgos, G. J., Rosado-Aguilar, J. A., Rodriguez-Vivas, R. I., & Arjona-Cambranes, K. A. (2017). Anthelmintic activity of methanol extracts of *Diospyros anisandra* and *Petiveria alliacea* on cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) larval development and egg hatching. *Veterinary Parasitology*, 248, 74-79. doi:10.1016/j.vetpar.2017.10.016
- FranceAgriMer (2020). www.franceagrimer.fr/Actualite/Filieres/Viandes-rouges/2021/Bilan-economique-2020-pour-la-filiere-viande-chevaline
- Franzén, M., & Nilsson, S. G. (2008). How Can We Preserve and Restore Species Richness of Pollinating Insects on Agricultural Land? *Ecography*, 31(6), 698-708.
- Friend, M. A., Nash, D., & Avery, A. (2004). Intake of improved and unimproved pastures in two seasons by grazing weanling horses. *Animal Production in Australia*, 25, 61-64.
- Fryxell, J. M. (2008). *Predictive modelling of patch use by terrestrial herbivores*, In: Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging (Prins, H.H.T. & van Langevelde, F. eds), 105-123. 10.1007/978-1-4020-6850-8_10
- Furtado, T., King, M., Perkins, E., McGowan, C., Chubbock, S., Hannelly, E., Rogers, J., & Pinchbeck, G. (2022). An Exploration of Environmentally Sustainable Practices Associated with Alternative Grazing Management System Use for Horses, Ponies, Donkeys and Mules in the UK. *Animals*, 12(2), 151.
- Garrido, P., Mårell, A., Öckinger, E., Skarin, A., Jansson, A., & Thulin, C.-G. (2019). Experimental rewilding enhances grassland functional composition and pollinator habitat use. *Journal of Applied Ecology*, 56(4), 946-955. doi:https://doi.org/10.1111/1365-2664.13338
- Gaudin, E., Simon, M., Quijada, J., Schelcher, F., Sutra, J.-F., Lespine, A., & Hoste, H. (2016). Efficacy of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) pellets against multi resistant *Haemonchus contortus* and interaction with oral ivermectin: Implications for on-farm control. *Veterinary Parasitology*, 227, 122-129. doi:https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.08.002
- Giles, C. J., Urquhart, K. A., & Longstaffe, J. A. (1985). Larval cyathostomiasis (immature trichonema-induced enteropathy): a report of 15 clinical cases. *Equine Vet J*, 17(3), 196-201. doi:10.1111/j.2042-3306.1985.tb02469.x
- Ginane, C., Baumont, R., Lassalas, J., & Petit, M. (2002). Feeding behaviour and intake of heifers fed on hays of various quality, offered alone or in a choice situation. *Animal Research*, 51, 177-188.
- Gliessman, S. R. (2006). Animals in agroecosystems *Agroecology: the ecology of sustainable food systems. 2nd edition* (pp. 269-285). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Gómez-Rincón, C., Uriarte, J., & Valderrábano, J. (2007). Effect of nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* and energy supplementation on the epidemiology of naturally infected kids. *Vet. Res.*, 38(1), 141-150.
- Gonzalez-Hernandez, M. P., Mouronte, V., Romero, R., Rigueiro-Rodriguez, A., & Mosquera-Losada, M. R. (2020). Plant diversity and botanical composition in an Atlantic heather-gorse dominated understory after horse grazing suspension: Comparison of a continuous and rotational management. *Global Ecology and Conservation*, 23. doi:10.1016/j.gecco.2020.e01134
- Grace, N. D., Gee, E. K., Firth, E. C., & Shaw, H. L. (2002a). Digestible energy intake, dry matter digestibility and mineral status of grazing New Zealand Thoroughbred yearlings. *New Zealand Veterinary Journal*, 50(2), 63-69. doi:10.1080/00480169.2002.36252
- Grace, N., Shaw, H. L., Gee, E. K., & Firth, E. C. (2002b). Determination of the digestible energy intake and apparent absorption of macroelements in pasture-fed lactating Thoroughbred mares. *New Zealand Veterinary Journal*, 50(5), 182-185. doi:10.1080/00480169.2002.36308

- Grange, G., Finn, J. A., & Brophy, C. (2021). Plant diversity enhanced yield and mitigated drought impacts in intensively managed grassland communities. *Journal of Applied Ecology*, 58(9), 1864-1875. doi:https://doi.org/10.1111/1365-2664.13894
- Grange, S., & Duncan, P. (2006). Bottom-up and top-down processes in African ungulate communities: resources and predation acting on the relative abundance of zebra and grazing bovids. *Ecography*, 29(6), 899-907. doi:10.1111/j.2006.0906-7590.04684.x
- Grange, S., Barnier, F., Duncan, P., Gaillard, J. M., Valeix, M., Ncube, H., Periquet, S., & Fritz, H. (2015). Demography of plains zebras (*Equus quagga*) under heavy predation. *Population Ecology*, 57(1), 201-214. doi:10.1007/s10144-014-0469-7
- Gross, J. E., Shipley, L. A., Hobbs, N. T., Spalinger, D. E., & Wunder, B. A. (1993). Functional response of herbivores in food-concentrated patches: tests of a mechanistic model. *Ecology*, 74(3), 778-791.
- Heckendorn, F., Häring, D. A., Maurer, V., Zinsstag, J., Langhans, W., & Hertzberg, H. (2006). Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage and hay on established populations of *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei* in lambs. *Veterinary Parasitology*, 142, 293-300.
- Henning, K., Lorenz, A., von Oheimb, G., Hardtle, W., & Tischew, S. (2017). Year-round cattle and horse grazing supports the restoration of abandoned, dry sandy grassland and heathland communities by suppressing *Calamagrostis epigejos* and enhancing species richness. *Journal for Nature Conservation*, 40, 120-130. doi:https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.10.009
- Herd, R. P. (1990). The changing world of worms - The rise of the cyathostomes and the decline of *Strongylus vulgaris*. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 12(5), 732-736.
- Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*, 41, 385-398.
- Hoste-Danylow, A., Romanowski, J., & Zmihorski, M. (2010). Effects of management on invertebrates and birds in extensively used grassland of Poland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1-2), 129-133. doi: 10.1016/j.agee.2010.07.009
- Hoste, H., & Torres-Acosta, J. F. J. (2011). Non chemical control of helminths in ruminants: adapting solutions for changing worms in a changing world. *Veterinary Parasitology*, 180, 144-154.
- Hoste, H., Martinez-Ortiz-De-Montellano, C., Manolaraki, F., Brunet, S., Ojeda-Robertos, N., Fourquaux, I., Torres-Acosta, J.F.J., & Sandoval-Castro, C. A. (2012). Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Veterinary Parasitology*, 186, 18-27.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J. F., Sandoval-Castro, C. A., Mueller-Harvey, I., Sotiraki, S., Louvandini, H., Thamsborg, S.M., & Terrill, T. H. (2015). Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Vet Parasitol*, 212(1-2), 5-17. doi:10.1016/j.vetpar.2015.06.026
- Houdijk, J. G., Kyriazakis, I., Jackson, F., Huntley, J. F., & Coop, R. L. (2003). Is the allocation of metabolisable protein prioritised to milk production rather than to immune functions in *Teladorsagia circumcincta*-infected lactating ewes? *Int J Parasitol*, 33(3), 327-338. doi:10.1016/s0020-7519(02)00284-9
- Hüppe, C. F., Schmitz, A., Tonn, B., & Isselstein, J. (2020). The Role of Socio-Economic Determinants of Horse Farms for Grassland Management, Vegetation Composition and Ecological Value. *Sustainability*, 12(24), 10641.
- Hutchings, M. R., Kyriazakis, I., Anderson, D. H., Gordon, I. J., & Coop, R. L. (1998). Behavioural strategies used by parasitized and non-parasitized sheep to avoid ingestion

- of gastro-intestinal nematodes associated with faeces. *Animal Science*, 67, 97-106. doi:10.1017/S1357729800009838
- Hutchings, M. R., Gordon, I. J., Kyriazakis, I., Robertson, E., & Jackson, F. (2002a). Grazing in heterogeneous environments: infra- and supra-parasite distributions determine herbivore grazing decisions. *Oecologia*, 132(3), 453-460. doi:10.1007/s00442-002-0971-z
- Hutchings, M. R., Milner, J. M., Gordon, I. J., Kyriazakis, I., & Jackson, F. (2002b). Grazing decisions of Soay sheep (*Ovis aries*) on St Kilda: a consequence of parasite distribution? *Oikos*, 96(2), 235-244. doi:10.1034/j.1600-0706.2002.960205.x
- Illius, A. W., & Gordon, I. J. (1990). Constraints on diet selection and foraging behaviour in mammalian herbivores. In R. N. Hughes (Ed.), *Behavioural mechanisms of food selection* (pp. 369-392). Berlin Heidelberg New-York: Springer.
- Illius, A. W., & Gordon, I. J. (1993). Diet selection in mammalian herbivores: constraints and tactics. In R. N. Hughes (Ed.), *Diet selection. An interdisciplinary approach to foraging behaviour* (Wiley-Blackwell ed., pp. 157-181). Oxford, UK: Blackwell Scientific.
- Illius, A. W., & Hodgson, J. (1996). Progress in understanding the ecology and management of grazing systems. In R. N. Hughes & A. W. Illius (Eds.), *The Ecology and Management of Grazing Systems* (pp. 429-458): CAB International.
- Illius, A. W., & Jessop, N. S. (1996). Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J Anim Sci*, 74(12), 3052-3062. doi:10.2527/1996.74123052x
- Illius, A. W., Gordon, I. J., Milne, J. D., & Wright, W. (1995). Costs and benefits of foraging on grasses varying in canopy structure and resistance to defoliation. *Functional Ecology*, 9, 894-903.
- Illius, A. W., Gordon, I. J., Elston, D. A., & Milne, J. D. (1999). Diet selection in goats: a test of intake-rate maximization. *Ecology*, 80(3), 1008-1018.
- Imani-Baran, A., Abdollahi, J., Akbari, H., Jafarirad, S., & Moharramnejad, S. (2020). Anthelmintic activity of crude powder and crude aqueous extract of *Trachyspermum ammi* on gastrointestinal nematodes in donkey (*Equus asinus*): An in vivo study. *Journal of Ethnopharmacology*, 248. doi:10.1016/j.jep.2019.112249
- INRA (2015). *Equine Nutrition: INRA Nutrient Requirements, Recommended Allowances and Feed Tables*: Wageningen Academic Publishers.
- Jacobs, J. (1974). Quantitative measurement of food selection : A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*, 14(4), 413-417. doi:https://doi.org/10.1007/BF00384581
- Janis, C. (1976). The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution*, 30, 757-774.
- Jansson, A., Saastamoinen, M., & Lindberg, J. E. (2012). Forage feeding systems *Forages and grazing in horse nutrition* (pp. 289-303). Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Jatzlau, A., Abdel-Ghaffar, F., Gliem, G., & Mehlhorn, H. (2014). Nature helps: food addition of micronized coconut and onion reduced worm load in horses and sheep and increased body weight in sheep. *Parasitol Res*, 113(1), 305-310. doi:10.1007/s00436-013-3706-7
- Jerrentrup, J. S., Komainda, M., Seither, M., Cuchillo-Hilario, M., Wrage-Monnig, N., & Isselstein, J. (2020). Diverse Swards and Mixed-Grazing of Cattle and Sheep for Improved Productivity. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(125). doi:ARTN 125 10.3389/fsufs.2019.0012
- Jez, C., Coudurier, B., Cressent, M., Méa, F., & Perrier-Cornet, P. (2013). Prospective de la filière équine française à l'horizon 2030. Quatre scénarios contrastés pour éclairer la décision. *INRA Productions Animales*, 26(1), 51-64.

- Jouven, M., & Baumont, R. (2008). Simulating grassland utilization in beef suckler systems to investigate the trade-offs between production and floristic diversity. *Agricultural Systems*, 96(1), 260-272. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.10.001>
- Jouven, M., Agabriel, J., & Baumont, R. (2008). A model predicting the seasonal dynamics of intake and production for suckler cows and their calves fed indoors or at pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 143(1), 256-279. doi :<https://doi.org/10.1016 / j.anifeedsci.2007.05.014>
- Kaplan, R. M., & Nielsen, M. K. (2010). An evidence-based approach to equine parasite control: It ain't the 60s anymore. *Equine Veterinary Education*, 22(6), 306-316. doi:[10.1111/j.2042-3292.2010.00084.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.2010.00084.x)
- Kaplan, R. M., West, E. M., Norat-Collazo, L. M., & Vargas, J. (2014). A combination treatment strategy using pyrantel pamoate and oxibendazole demonstrates additive effects for controlling equine cyathostomins. *Equine Veterinary Education*, 26(9), 485-491. doi:<https://doi.org/10.1111/eve.12201>
- Klimek, S., Richter gen. Kemmermann, A., Hofmann, M., & Isselstein, J. (2007). Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation*, 134(4), 559-570. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.007>
- Köhler, M., Hiller, G., & Tischew, S. (2016). Year-round horse grazing supports typical vascular plant species, orchids and rare bird communities in a dry calcareous grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 234, 48-57. doi:[10.1016/j.agee.2016.03.020](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.020)
- Kremen, C., Iles, A., & Bacon, C. (2012). Diversified Farming Systems: An Agroecological, Systems-based Alternative to Modern Industrial Agriculture. *Ecology and Society*, 17(4). doi:[10.5751/ES-05103-170444](https://doi.org/10.5751/ES-05103-170444)
- Kuntz, R., Kubalek, C., Ruf, T., Tataruch, F., & Arnold, W. (2006). Seasonal adjustment of energy budget in a large wild mammal, the Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*). *The Journal of Experimental Biology*, 209, 4557-4565.
- Lamoot, I., Vandenbergh, C., Bauwens, D., & Hoffmann, M. (2005). Grazing behaviour of free-ranging donkeys and Shetland ponies in different reproductive states. *Journal of Ethology*, 23(1), 19-27. doi:<https://doi.org/10.1007/s10164-004-0123-5>
- Larsen, M., Nansen, P., Henriksen, S. A., Wolstrup, J., Grønvold, J., Zorn, A., & Wedø, E. (1995). Predacious activity of the nematode-trapping fungus *Duddingtonia flagrans* against cyathostome larvae in faeces after passage through the gastrointestinal tract of horses. *Veterinary Parasitology*, 60(3), 315-320. doi:[https://doi.org/10.1016/0304-4017\(95\)00792-8](https://doi.org/10.1016/0304-4017(95)00792-8)
- Larsen, M., Nansen, P., Grøndahl, C., Thamsborg, S. M., Grønvold, J., Wolstrup, J., Henriksen, S.A., & Monrad, J. (2009). The capacity of the fungus *Duddingtonia flagrans* to prevent strongyle infections in foals on pasture. *Parasitology*, 113(1), 1-6. doi:[10.1017/S003118200006621X](https://doi.org/10.1017/S003118200006621X)
- Launay, F., Baumont, R., Plantureux, S., Farrie, J.-P., Michaud, A., & Pottier, E. (2011). *Prairies permanentes: des références pour valoriser leur diversité*.
- Leathwick, D. M., Sauermaun, C. W., & Nielsen, M. K. (2019). Managing anthelmintic resistance in cyathostomin parasites: Investigating the benefits of refugia-based strategies. *International Journal for Parasitology-Drugs and Drug Resistance*, 10, 118-124. doi:[10.1016/j.ijpddr.2019.08.008](https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2019.08.008)
- Lichtenfels, J. R., Kharchenko, V. A., & Dvojnjos, G. M. (2008). Illustrated identification keys to strongylid parasites (strongylidae: Nematoda) of horses, zebras and asses (Equidae). *Veterinary Parasitology*, 156(1), 4-161. doi:<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.04.026>

- Lima, S. L., & Dill, L. M. (1990). Behavioural decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68, 619-640.
- Loiseau, P., & Martin-Rosset, W. (1988). Evolution à long terme d'une lande de montagne pâturée par des bovins et des chevaux. I. Conditions expérimentales et évolution botanique. *Agronomie*, 8(10), 873-880.
- López-i-Gelats, F., Rivera-Ferre, M. G., Madruga-Andreu, C., & Bartolomé-Filella, J. (2015). Is multifunctionality the future of mountain pastoralism? Lessons from the management of semi-natural grasslands in the Pyrenees. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(4), e0307. doi:10.5424/sjar/2015134-6960
- López López, C., García, R. R., Ferreira, L. M. M., García, U., Osoro, K., & Celaya, R. (2017). Impacts of horse grazing on botanical composition and diversity in different types of heathland. *The Rangeland Journal*, 39(4), 375-385. doi:https://doi.org/10.1071/RJ17079
- López López, C., Celaya, R., Ferreira, L. M. M., U., G., M.A.M., R., & Osoro, K. (2019). Comparative foraging behaviour and performance between cattle and horses grazing in heathlands with different proportions of improved pasture area. *Journal of Applied Animal Research*, 47, 377-385. doi:https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1649679
- Lortal, G., Bretiere, G., Morhain, B., Perret, E., & Bigot, G. (2010). *Contribution du cheval de trait à la gestion durable des systèmes bovins de moyenne montagne: cas d'exploitations en Auvergne*. Compte-rendu de la 34ème Journée de la Recherche Equine, IFCE, Paris, 04 mars, 15-24.
- Loucougaray, G., Bonis, A., & Bouzillé, J.-B. (2004). Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. *Biological Conservation*, 116, 59-71. doi:https://doi.org/10.1016.S0006-3207(03)00177-0
- Lozano, G. A. (1991). Optimal Foraging Theory - a Possible Role for Parasites. *Oikos*, 60(3), 391-395. doi:Doi 10.2307/3545084
- Maestrini, M., Tava, A., Mancini, S., Salari, F., & Perrucci, S. (2019). In Vitro Anthelmintic Activity of Saponins Derived from Medicago spp. Plants against Donkey Gastrointestinal Nematodes. *Veterinary Sciences*, 6(2), 35. doi:10.3390/vetsci6020035
- Mahieu, M. (2013). Effects of stocking rates on gastrointestinal nematode infection levels in a goat/cattle rotational stocking system. *Vet Parasitol*, 198(1-2), 136-144. doi:https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.08.029
- Mandema, F. S., Tinbergen, J. M., B.J., E., & Bakker, J. P. (2013). Livestock grazing and trampling of birds' nests: an experiment using artificial nests. *Journal of Coastal Conservation*, 17, 409-416. doi:10.1007/s11852-013-0239-2
- Marley, C. L., Fraser, M. D., Davies, D. A., Rees, M. E., Vale, J. E., & Forbes, A. B. (2006a). The effect of mixed or sequential grazing of cattle and sheep on the faecal egg counts and growth rates of weaned lambs when treated with anthelmintics. *Vet Parasitol*, 142(1-2), 134-141. doi:https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.06.030
- Marley, C. L., Cook, R., Barrett, J., Keatinge, R., & Lampkin, N. H. (2006b). The effects of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) when compared with perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on ovine gastrointestinal parasite development, survival and migration. *Vet Parasitol*, 138(3-4), 280-290. doi:10.1016/j.vetpar.2006.01.029
- Marriott, C. A., Fothergill, M., Jeangros, B., Scotton, M., & Louault, F. (2004). Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review. *Agronomie*, 24(8), 447-462. doi:10.1051/agro:2004041
- Martin, G., Barth, K., Benoit, M., Brock, C., Destruel, M., Dumont, B., Grillot, M., Hubner, S., Magne, M-A., Moerman, M., Mosnier, C., Parsons, D., Ronchi, B., Schanz, L., Steinmetz, L., Werne, S., Winckler, C., & Primi, R. (2020). Potential of multi-species

- livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. *Agricultural Systems*, 181, 102821. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102821>
- Martin-Rosset, W., & Doreau, M. (1984). Consommation d'aliments et d'eau par le cheval. In R. Jarrige & W. Martin-Rosset (Eds.), *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation* (pp. 333-354), INRA, Paris.
- Martin-Rosset, W., Loiseau, P., & Molenat, G. (1981). Utilisation des pâturages pauvres par le cheval. *B. T. I*, 362-363, 587-608.
- Martin-Rosset, W., Vermorel, M., Doreau, M., Tisserand, J. L., & Andrieu, J. (1994). The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein. *Livestock Production Science*, 40, 37-56.
- Martin-Rosset, W., Vernet, J., Dubroeuq, H., Arnaud, G., Picard, A., & Vermorel, M. (2008). *Variation of fatness and energy content of the body with body condition score in sport horses and its prediction*. Proceedings of the 4th EWEN: Nutrition of the exercising horse, EAAP Publications, 125, 167-176.
- Matthee, S., Krecek, R. C., Milne, S. A., Boshoff, M., & Guthrie, A. J. (2002). Impact of management interventions on helminth levels, and body and blood measurements in working donkeys in South Africa. *Vet Parasitol*, 107(1-2), 103-113. doi:10.1016/s0304-4017(02)00113-9
- Melts, I., Lanno, K., Sammul, M., Uchida, K., Heinsoo, K., Kull, T., & Laanisto, L. (2018). Fertilising semi-natural grasslands may cause long-term negative effects on both biodiversity and ecosystem stability. *Journal of Applied Ecology*, 55(4), 1951-1955. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13129>
- Mésochina, P. (2000). *Niveau d'ingestion du cheval en croissance au pâturage: mise au point méthodologique et étude de quelques facteurs de variation*. (PhD), Institut National Agronomique Paris Grignon, Paris, France.
- Mesochina, P., Martin-Rosset, W., Peyraud, J. L., Duncan, P., Micol, D., & Boulot, S. (1998). Prediction of the digestibility of the diet of horses: evaluation of faecal indices. *Grass and Forage Science*, 53(2), 189-196. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1998.5320189.x>
- Mesochina, P., Peyraud, J. L., Duncan, P., Micol, D., & Trillaud-Geyl, C. (2000). Grass intake by growing horses at pasture: a test of the effects of the horses' age and sward biomass. *Annales de Zootechnie*, 49(6), 505-515. doi:10.1051/animres:2000141
- Molan, A. L., Meagher, L. P., Spencer, P. A., & Sivakumaran, S. (2003). Effect of flavan-3-ols on in vitro egg hatching, larval development and viability of infective larvae of *Trichostrongylus colubriformis*. *Int J Parasitol*, 33(14), 1691-1698. doi:10.1016/s0020-7519(03)00207-8
- Molento, M. B. (2009). Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices. *Vet Parasitol*, 163(3), 229-234. doi:10.1016/j.vetpar.2009.06.007
- Moreno, G., Aviron, S., Berg, S., Crous-Duran, J., França, A., de Jalón, S. G., Hartel, T., Mirck, J., Pantera, A., Palma, J.H.N., Paulo, J.A., Re, G.A., Sanna, F., Thenail, C., Varga, A., Viaud, V., & Burgess, P. J. (2018). Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of commercial goods and other ecosystem services. *Agroforestry Systems*, 92(4), 877-891. doi:10.1007/s10457-017-0126-1
- Morhain, B. (2011). Systèmes fourragers et d'alimentation du cheval dans différentes régions françaises. *Fourrages*, 207, 155-163.
- Mosnier, C., Benoit, M., Minviel, J. J., & Veysset, P. (2021). Does mixing livestock farming enterprises improve farm and product sustainability? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 1-15. doi:10.1080/14735903.2021.1932150
- Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., De Rosa, F., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S., Gemmil-Herren, B., Bezner Kerr, R., Sourisseau, J-M., Petersen, P., Chotte, J-L.,

- Loconto, A., & Tiftonell, P. (2020). Assessing Transitions to Sustainable Agricultural and Food Systems: A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. doi:10.3389/fsufs.2020.579154
- Moulin, C. (1997). Le pâturage du cheval: questions techniques posées par les pratiques d'éleveurs. *Fourrages*, 149, 37-54.
- Mugnier, S., Husson, C., & Cournut, S. (2020). Why and how farmers manage mixed cattle–sheep farming systems and cope with economic, climatic and workforce-related hazards. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-9. doi:10.1017/S174217052000037X
- Myhill, L. J., Stolzenbach, S., Hansen, T. V. A., Skovgaard, K., Stensvold, C. R., Andersen, L. O., Nejsun, P., Mejer, H., Thamsborg, S.M., & Williams, A. R. (2018). Mucosal Barrier and Th2 Immune Responses Are Enhanced by Dietary Inulin in Pigs Infected With *Trichuris suis*. *Front Immunol*, 9, 2557. doi:10.3389/fimmu.2018.02557
- Naujeck, A., & Hill, J. (2003). Influence of sward height on bite dimensions of horses. *Animal Science*, 77, 95-100.
- Nielsen, M. K., Olsen, S. N., Lyons, E. T., Monrad, J., & Thamsborg, S. M. (2012). Real-time PCR evaluation of *Strongylus vulgaris* in horses on farms in Denmark and Central Kentucky. *Vet Parasitol*, 190(3-4), 461-466. doi:10.1016/j.vetpar.2012.07.018
- Nielsen, M. K., Pfister, K., & von Samson-Himmelstjerna, G. (2014). Selective therapy in equine parasite control--application and limitations. *Vet Parasitol*, 202(3-4), 95-103. doi:10.1016/j.vetpar.2014.03.020
- Nolte, S., Esselink, P., Smit, C., & Bakker, J. P. (2014). Herbivore species and density affect vegetation-structure patchiness in salt marshes. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 185, 41-47. doi:https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.010
- Öckinger, E., Eriksson, A. K., & Smith, H. G. (2006). Effects of grassland abandonment, restoration and management on butterflies and vascular plants. *Biological Conservation*, 133, 291-300.
- Ödberg, F. O., & Francis-Smith, K. (1977). Studies on the formation of ungrazed eliminative areas in fields used by horses. *Applied Animal Ethology*, 3, 27-34. doi:https://doi.org/10.1016/0304-3762(77)90068-2
- Oosterveld, P. (1983). Eight years of monitoring of rabbits and vegetation development on abandoned arable fields grazed by ponies. *Acta Zoologica Fennica*, 174, 71-74.
- Osoro, K., Ferreira, L. M. M., Garcia, U., Martinez, A., & Celaya, R. (2017). Forage intake, digestibility and performance of cattle, horses, sheep and goats grazing together on an improved heathland. *Animal Production Science*, 57(1), 102-109. doi:10.1071/An15153
- Owen-Smith, N., & Novellie, P. (1982). What should a clever ungulate eat? *The American Naturalist*, 119(2), 151-178.
- Paolini, V., De La Farge, F., Prevot, F., Dorchies, P., & Hoste, H. (2005). Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 127, 277-283.
- Papini, R. A., Orsetti, C., & Sgorbini, M. (2020). Evaluation of a Marketed Polyherbal Dewormer Against Intestinal Strongyles in Naturally Infected Donkeys. *Helminthologia*, 57(1), 78-82. doi:10.2478/helm-2020-0003
- Payne, S. E., Kotze, A. C., Durmic, Z., & Vercoe, P. E. (2013). Australian plants show anthelmintic activity toward equine cyathostomins in vitro. *Veterinary Parasitology*, 196(1-2), 153-160. doi:10.1016/j.vetpar.2013.01.012
- Payne, S. E., Flematti, G. R., Reeder, A., Kotze, A. C., Durmic, Z., & Vercoe, P. E. (2018). Procyanidin A2 in the Australian plant *Alectryon oleifolius* has anthelmintic activity against equine cyathostomins in vitro. *Veterinary Parasitology*, 249, 63-69. doi:10.1016/j.vetpar.2017.11.008

- Peachey, L. E., Pinchbeck, G. L., Matthews, J. B., Burden, F. A., Mulugeta, G., Scantlebury, C. E., & Hodgkinson, J. E. (2015). An evidence-based approach to the evaluation of ethnoveterinary medicines against strongyle nematodes of equids. *Veterinary Parasitology*, *210*, 40-52.
- Pearson, R. A., Archibald, R. F., & Muirhead, R. H. (2001). The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*, *85*, 599-606.
- Pedersen, S., Saeed, I., Michaelsen, K. F., Friis, H., & Murrell, K. D. (2002). Impact of protein energy malnutrition on *Trichuris suis* infection in pigs concomitantly infected with *Ascaris suum*. *Parasitology*, *124*(Pt 5), 561-568. doi:10.1017/s0031182002001592
- Pena-Espinoza, M., Valente, A. H., Thamsborg, S. M., Simonsen, H. T., Boas, U., Enemark, H. L., López-Munoz, R., & Williams, A. R. (2018). Antiparasitic activity of chicory (*Cichorium intybus*) and its natural bioactive compounds in livestock: a review. *Parasites & Vectors*, *11*. doi:10.1186/s13071-018-3012-4
- Pérez-Prieto, L. A., Peyraud, J. L., & Delagarde, R. (2013). Does pre-grazing herbage mass really affect herbage intake and milk production of strip-grazing dairy cows? *Grass and Forage Science*, *68*(1), 93-109. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00876.x
- Perrot, C., Barbin, G., Bossis, N., Champion, F., Morhain, B., & Morin, E. (2013). *L'élevage d'herbivores au recensement agricole 2010: cheptels, exploitations, productions*. Retrieved from
- Peyraud, J. L., Aubin, J., Barbier, M., Baumont, R., Berri, C., Bidanel, J. P., Citti, C., Cotinot, C., Ducrot, C., Dupraz, P., Faverdin, P., Friggens, N., Houot, S., Nozières-Petit, M-O., Rogel-Gaillard, C., & Santé-Lhoutellier, V. (2019). Quelles sciences pour les élevages de demain? Une réflexion prospective conduite à l'INRA. *INRAE Productions animales*, *32*, 323-338. doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2591
- Plantureux, S., Peeters, A., & McCracken, D. I. (2005). Biodiversity in intensive grasslands: effect of management, improvement and challenges. *Agronomy Research*, *3*, 417-426.
- Prache, S. (1997). Intake rate, intake per bite and time per bite of lactating ewes on vegetative and reproductive swards. *Applied Animal Behaviour Science*, *52*(1), 53-64. doi:https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01139-2
- Provenza, F. D., Scott, C. B., Phy, T. S., & Lynch, J. J. (1996). Preference of sheep for foods varying in flavors and nutrients. *Journal of Animal Science*, *74*, 2355-2361.
- Ravetto Enri, S., Probo, M., Farruggia, A., Lanore, L., Blanchetete, A., & Dumont, B. (2017). A biodiversity-friendly rotational grazing system enhancing flower-visiting insect assemblages while maintaining animal and grassland productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *241*, 1-10. doi:https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.030
- Raza, A., Qamar, A. G., Hayat, K., Ashraf, S., & Williams, A. R. (2019). Anthelmintic resistance and novel control options in equine gastrointestinal nematodes. *Parasitology*, *146*(4), 425-437. doi:10.1017/S0031182018001786
- Relf, V. E., Morgan, E. R., Hodgkinson, J. E., & Matthews, J. B. (2013). Helminth egg excretion with regard to age, gender and management practices on UK Thoroughbred studs. *Parasitology*, *140*(5), 641-652. doi:10.1017/S0031182012001941
- Rocha, R. A., Bresciani, K. D. S., Barros, T. F. M., Fernandes, L. H., Silva, M. B., & Amarante, A. F. T. (2008). Sheep and cattle grazing alternately: Nematode parasitism and pasture decontamination. *Small Ruminant Research*, *75*(2-3), 135-143. doi :https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.09.001
- Roest, K., Ferrari, P., & Knickel, K. (2018). Specialisation and economies of scale or diversification and economies of scope? Assessing different agricultural development pathways. *Journal of Rural Studies*, *59*, 222-231. doi:10.1016/j.jrurstud.2017.04.013

- Rupprecht, D., Gilhaus, K., & Holzel, N. (2016). Effects of year-round grazing on the vegetation of nutrient-poor grass- and heathlands-Evidence from a large-scale survey. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 234, 16-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.015>
- Sailley, M., Cordier, C., Courtonne, J.-Y., Duflot, B., Cadudal, F., Perrot, C., Brion, A., & Baumont, R. (2022). Quantifier et segmenter les flux de matières premières utilisées en France par l'alimentation animale. *INRAE Productions Animales*, 34(4), 273-292. doi:[10.20870/productions-animales.2021.34.4.5396](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.4.5396)
- Sallé, G., Jacquiet, P., Gruner, L., Cortet, J., Sauvé, C., Prévot, F., Grisez, C., Bergeaud, J.P., Schibler, L., Tircazes, A., François, D., Pery, C., Bouvier, F., Thouly, J.C., Brunel, J.C., Legarra, A., Elsen, J.M., Bouix, J., Rupp, R., & Moreno, C. R. (2012). A genome scan for QTL affecting resistance to *Haemonchus contortus* in sheep1. *Journal of Animal Science*, 90(13), 4690-4705. doi:[10.2527/jas.2012-5121](https://doi.org/10.2527/jas.2012-5121)
- Salle, G., Cortet, J., Bois, I., Dubes, C., Guyot-Sionest, Q., Larrieu, C., Landrin, V., Majorel, G., Wittreck, S., Woringer, E., Courouce, A., Guillot, J., Jacquiet, P., Guegnard, F., Blanchard, A., & Leblond, A. (2017). Risk factor analysis of equine strongyle resistance to anthelmintics. *Int J Parasitol Drugs Drug Resist*, 7(3), 407-415. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2017.10.007>
- Sallé, G., Laing, R., Cotton, J. A., Maitland, K., Martinelli, A., Holroyd, N., Tracey, A., Berriman, M., Smith, W.D., Newlands, G.F.J., Hanks, E., Devaney, E., & Britton, C. (2018). Transcriptomic profiling of nematode parasites surviving vaccine exposure. *International Journal for Parasitology*, 48(5), 395-402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.01.004>
- Salle, G., Guillot, J., Tapprest, J., Foucher, N., Sevin, C., & Laugier, C. (2020). Compilation of 29 years of postmortem examinations identifies major shifts in equine parasite prevalence from 2000 onwards. *Int J Parasitol*, 50(2), 125-132. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.11.004>
- Sanderson, M. A., Labreveux, M., Hall, M. H., & Elwinger, G. F. (2003). Nutritive Value of Chicory and English Plantain Forage. *Crop Science*, 43(5), 1797-1804. doi:<https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1797>
- Scare, J. A., Leathwick, D. M., Sauermann, C. W., Lyons, E. T., Steuer, A. E., Jones, B. A., Clark, M., & Nielsen, M. K. (2020). Dealing with double trouble: Combination deworming against double-drug resistant cyathostomins. *International Journal for Parasitology-Drugs and Drug Resistance*, 12, 28-34. doi:[10.1016/j.ijpddr.2019.12.002](https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2019.12.002)
- Scheibe, K. M., Schleusner, T., Berger, A., Eichhorn, K., Langbein, J., Dal Zotto, L., & Streich, W. J. (1998). ETHOSYS (R)—new system for recording and analysis of behaviour of free-ranging domestic animals and wildlife. *Applied Animal Behaviour Science*, 55(3-4), 195-211. doi:[https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(97\)00072-5](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(97)00072-5)
- Scott, I., Pomroy, W. E., Kenyon, P. R., Smith, G., Adlington, B., & Moss, A. (2013). Lack of efficacy of monepantel against *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis*. *Veterinary Parasitology*, 198(1), 166-171. doi:<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.07.037>
- Sehested, J., Soegaard, K., Danielsen, V., Roepstorff, A., & Monrad, J. (2004). Grazing with heifers and sows alone or mixed: herbage quality, sward structure and animal weight gain. *Livestock Production Science*, 88(3), 223-238. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.11.008>
- Spalinger, D. E., & Hobbs, N. T. (1992). Mechanisms of foraging in mammalian herbivores: new model of functional response. *The American Naturalist*, 140(2), 325-347.
- Steinmetz, L., Veysset, P., Benoit, M., & Dumont, B. (2021). Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies

- livestock farms. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3). doi:10.1007/s13593-021-00696-x
- Stephens, D. W., & Krebs, J. R. (1986). *Foraging Theory*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Stewart, G. B., & Pullin, A. S. (2008). The relative importance of grazing stock type and grazing intensity for conservation of mesotrophic 'old meadow' pasture. *Journal for Nature Conservation*, 16, 175-185.
- Taylor, E. L. (1954). Grazing behaviour and helminthic disease. *British Journal of Animal Behaviour*, 2, 61-62.
- Thériez, M., Petit, M., & Martin-Rosset, W. (1994). Caractéristiques de la conduite des troupeaux allaitants en zones difficiles. *Annales de Zootechnie*, 43, 33-47.
- Torres-Acosta, J. F. J., & Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77, 159-173. doi:10.1016/smallrumres.2008.03.009
- Tzamaloukas, O., Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., Huntley, J. F., & Jackson, F. (2006). The effect of chicory (*Cichorium intybus*) and sulla (*Hedysarum coronarium*) on larval development and mucosal cell responses of growing lambs challenged with *Teladorsagia circumcincta*. *Parasitology*, 132 (Pt3), 419-426. doi:10.1017/s0031182005009194
- Uhlinger, C., & Johnstone, C. (1985). Prevalence of benzimidazole-resistant small strongyles in horses in a southeastern Pennsylvania practice. *J Am Vet Med Assoc*, 187(12), 1362-1366.
- Ulukan, D., Grillot, M., Benoit, M., Bernes, G., Dumont, B., Magne, M. A., Monteiro, L., Parsons, D., Veysset, P., Ryschawy, J., Steinmetz, L., & Martin, G. (2022). Positive deviant strategies implemented by organic multi-species livestock farms in Europe. *Agricultural Systems, in revision*.
- Valleix, M., Bigot, G., Brétière, G., & Veslot, J. (2020). *Freins et leviers au cheval de trait en exploitation bovine*. Compte-rendu des Journées Sciences et Innovations Equines, FIAP Jean-Monnet, Paris, 17 novembre. https://mediatheque.ifce.fr/index.php?lvl=notice_display&id=67271
- van der Wal, R., Irvine, J., Stien, A., Shepherd, N., & Albon, S. D. (2000). Faecal avoidance and the risk of infection by nematodes in a natural population of reindeer. *Oecologia*, 124(1), 19-25. doi:10.1007/s004420050020
- van Klink, R., Nolte, S., Mandema, F. S., Lagendijk, D. D. G., WallisDeVries, M. F., Bakker, J. P., Esselink, P., & Smit, C. (2016). Effects of grazing management on biodiversity across trophic levels—The importance of livestock species and stocking density in salt marshes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 329-339. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.001>
- Van Soest, P. J. (1994). Intake. In P. J. Van Soest (Ed.), *Nutritional ecology of the ruminant - 2nd Edition* (pp. 337-353). UK: Cornell University Press.
- Verdu, J. R., Lobo, J. M., Sanchez-Pinero, F., Gallego, B., Numa, C., Lumaret, J. P., . . . Duran, J. (2018). Ivermectin residues disrupt dung beetle diversity, soil properties and ecosystem functioning: An interdisciplinary field study. *Science of the Total Environment*, 618, 219-228. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.331>
- Vermorel, M. (1997). Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les ovins, les caprins et les équins en France. *INRA Productions Animales*, 10(2), 153-161.
- Vernet, J., Vermorel, M., & Martin-Rosset, W. (1995). Energy cost of eating long hay, straw and pelleted food in sport horses. *Animal Science*, 61, 581-588.
- Vulink, J. T. (2001). *Hungry Herds: Management of temperate lowland wetlands by grazing*. University of Groningen.

- Vulink, J. T., Drost, H. J., & Jans, L. (2000). The influence of different grazing regimes on Phragmites- and shrub vegetation in the well-drained zone of a eutrophic wetland. *Applied Vegetation Science*, 3(1), 73-80. doi:<https://doi.org/10.2307/1478920>
- Wallis de Vries, M., Parkinson, A. E., Dulphy, J. P., Sayer, M., & Diana, E. (2007). Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 4. Effects on animal diversity. *Grass and Forage Science*, 62, 185-197.
- Wang, L., Delgado-Baquerizo, M., Wang, D., Isbell, F., Liu, J., Feng, C., Liu, J., Zhong, Z., Zhu, H., Yuan, X., Chang, Q., & Liu, C. (2019). Diversifying livestock promotes multidiversity and multifunctionality in managed grasslands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(13), 6187-6192. doi:10.1073/pnas.1807354116
- Wezel, A., & Soldat, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1), 3-18. doi:10.3763/ijas.2009.0400
- Whitney, T. R., Wildeus, S., & Zajac, A. M. (2013). The use of redberry juniper (*Juniperus pinchotii*) to reduce *Haemonchus contortus* fecal egg counts and increase ivermectin efficacy. *Vet Parasitol*, 197(1-2), 182-188. doi:10.1016/j.vetpar.2013.06.010
- Zalba, S. M., & Cozzani, N. C. (2004). The impact of feral horses on grassland bird communities in Argentina. *Animal Conservation*, 7, 35-44.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253-260. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.02.024